

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
10. Januar 2002 (10.01.2002)

PCT

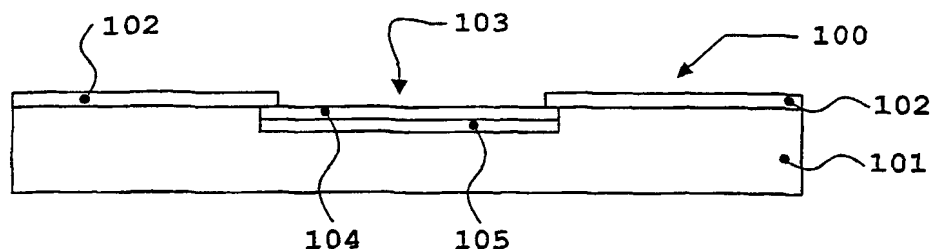
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/02458 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **B81B 3/00**, (72) Erfinder; und
B81C 1/00, G01L 9/00, H01L 21/306 (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BENZEL, Hubert**
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE01/01516 (DE/DE); Stollenaekerstrasse 3, 72124 Pliezhausen
(22) Internationales Anmeldedatum: 20. April 2001 (20.04.2001) (DE). **WEBER, Heribert** [DE/DE]; Im Hoeft 28, 72622
(25) Einreichungssprache: Deutsch Nuertingen (DE). **ARTMANN, Hans** [DE/DE]; Lieben-
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch zeller Weg 2/1, 71106 Magstadt (DE). **SCHAEFER,**
(30) Angaben zur Priorität: 100 32 579.3 5. Juli 2000 (05.07.2000) DE **Frank** [DE/DE]; Hasenbuehlsteige 1/3, 72070 Tuebingen
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von (DE).
US): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02
20, 70442 Stuttgart (DE). **Veröffentlicht:**
— mit internationalem Recherchenbericht

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR PRODUCTION OF A SEMICONDUCTOR COMPONENT AND A SEMICONDUCTOR COMPONENT PRODUCED BY SAID METHOD

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES HALBLEITERBAUELEMENTS SOWIE EIN NACH DEM VERFAHREN HERGESTELLTES HALBLEITERBAUELEMENT



(57) Abstract: The invention relates to a method for the production of a semiconductor component (100; ; 2200), in particular, a multi-layered semiconductor component, preferably a micromechanical component, such as, in particular, a pressure sensor, comprising a semiconductor substrate (101), in particular, made from silicon and a semiconductor component produced by said method. The invention particularly relates to the reduction of the production costs of such a semiconductor component by developing the method such that, in a first step, a first porous layer (104; 1001; 1301) is formed in the semiconductor component and, in a second step, a cavity or a cavern (201; 1101; 1201; 1401; 2101; 2201) is formed under, or from, the first porous layer (104; 1001; 1301) in the semiconductor component. Said cavity or cavern can be provided with an external entry opening.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zur Herstellung eines Halbleiterbauelements (100;...; 2200), insbesondere ein mehrschichtiges Halbleiterbauelement, vorzugsweise ein mikromechanisches Bauelement, wie insbesondere ein Drucksensor, das ein Halbleitersubstrat (101) aufweist, wie insbesondere aus Silizium, und von einem verfahrensgemäss hergestellten Halbleiterbauelement. Insbesondere zur Reduzierung der Herstellungskosten eines solchen Halbleiterbauelements wird vorgeschlagen, das Verfahren dahingehend weiterzubilden, dass in einem ersten Schritt eine erste poröse Schicht (104; 1001; 1301) in dem Halbleiterbauelement gebildet wird, und dass in einem zweiten Schritt ein Hohlraum bzw. eine Kaverne (201; 1101; 1201; 1401; 2101; 2201) unter oder aus der ersten porösen Schicht (104; 1001; 1301) in dem Halbleiterbauelement gebildet wird, wobei der Hohlraum bzw. die Kaverne mit einer externen Zugangsöffnung versehen sein kann.

WO 02/02458 A1



Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Verfahren zur Herstellung eines Halbleiterbauelements sowie ein nach
dem Verfahren hergestelltes Halbleiterbauelement

Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zur Herstellung eines Halbleiterbauelements, wie insbesondere ein mehrschichtiges Halbleiterbauelement, und von einem verfahrensgemäß hergestellten Halbleiterbauelement nach der Gattung des betreffenden unabhängigen Patentanspruchs.

Halbleiterbauelemente, wie insbesondere mikromechanische Drucksensoren, werden in der Regel in sogenannter Bulk- oder Oberflächenmikromechanik hergestellt. Die Herstellung von bulkmikromechanischen Bauelementen ist relativ aufwendig und damit teuer. Bei bekannten oberflächenmikromechanischen Bauelementen ist die Herstellung einer Kaverne aufwendig. Eine übliche Prozeßfolge zur Herstellung einer Kaverne in Oberflächenmikromechanik besteht insbesondere aus dem Abscheiden einer Opferschicht, dem Abscheiden einer Membranschicht, die meist aus Polysilizium besteht, dem Erzeugen von Öffnungen in der Membranschicht bzw. dem Öffnen eines lateralen Ätzkanals, dem Herausätzen der Opferschicht und dem Verschließen der Öffnungen, wobei beim Verschließen der Kaverneninnendruck definiert wird. In solcher Weise hergestellte oberflächenmikromechanische Drucksensoren haben zudem den Nachteil, daß ein auf sie einwirkender Druck meist nur über ein kapazitives Verfahren ausgewertet werden kann. Eine piezoresistive Auswertung des auf sie einwirkenden Drucks ist schwierig, da es durch bekannte oberflächenmikro-mechanische Verfahren lediglich möglich ist, piezoresistive Widerstände aus polykristallinem Silizium herzustellen. Diese haben gegenüber piezoresistiven Widerständen aus einkristallinem Silizium den Nachteil einer geringen Langzeitstabilität, wobei sie zusätzlich auch noch einen geringen piezoelektrischen Effekt aufweisen.

Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren mit den kennzeichnenden Merkmalen des betreffenden unabhängigen Patentanspruchs hat demgegenüber

insbesondere den Vorteil, daß ein mikromechanisches Bauelement, wie insbesondere ein Drucksensor mit piezoresistiven Widerständen aus einkristallinem Silizium, ein kapazitiver Drucksensor, oder ein Drucksensor, der Widerstände aufweist, deren Widerstandswert sich
5 aufgrund der Durchbiegung einer Membran des Drucksensors bei Druckbeaufschlagung ändert, einfach und kostengünstig in Oberflächenmikromechanik hergestellt werden kann. Durch die in den abhängigen Patentansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des Verfahrens und des
10 Halbleiterbauelements nach den betreffenden unabhängigen Patentansprüchen ermöglicht.

Ein wesentlicher Aspekt der Erfindung besteht darin, eine Kaverne bzw. einen Hohlraum in einem Halbleitersubstrat, wie insbesondere in
15 einem Siliziumsubstrat, mit einem Ätzmedium zu schaffen. Hierzu wird die Deckschicht des Substrats im Bereich der nachfolgend erzeugten Kaverne derart geätzt, daß in dieser Öffnungen bzw. Ätzöffnungen, wie insbesondere Poren bzw. Hohlräume, entstehen. Über die Ätzöffnungen bzw. nach außen offenen Poren gelangt das Ätzmedium
20 oder ein oder mehrere weitere Ätzmedien an tiefere Bereiche des Substrats. Der in diesem Bereich von dem Ätzmedium bzw. von den weiteren Ätzmedien zersetzte Teil des Halbleitersubstrats wird bevorzugt über die Öffnungen bzw. Poren der Deckschicht und/oder über eine externe Zugangsöffnung zu diesem Bereich entfernt. Die
25 Deckschicht weist vorzugsweise eine Dicke von ca. 2 bis 10 μm , wie insbesondere 3 bis 5 μm , auf. Im Falle einer Zugangsöffnung wird bevorzugt, anstelle einer porösen Deckschicht von ca. 2 bis 10 μm , eine poröse Deckschicht gebildet, die bevorzugt eine Dicke von ca. 40 bis 80 μm , wie insbesondere 50 bis 60 μm , aufweist. Die größere
30 Dicke hat den Zweck, daß die Deckschicht als Ätz-Pufferschicht beim Ätzen der Zugangsöffnung dienen kann und so einen sicheren Ätzstop vor einer auf der Deckschicht abgeschiedenen Epitaxieschicht ermöglicht. Im Falle eines Drucksensors bildet die auf der Deckschicht abgeschiedene Epitaxieschicht die eigentliche
35 Sensormembran.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden beim Ätzvorgang Maßnahmen ergriffen, die dafür sorgen, daß die Ausdehnungsgeschwindigkeit der Poren in der Deckschicht geringer,

vorzugsweise deutlich geringer, als die Ausdehnungsgeschwindigkeit der Poren bzw. Hohlräume in dem Bereich des Substrats ist, der den späteren Hohlraum bzw. die Kaverne bildet.

5 Dies wird nach einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung erreicht, indem die Ätzparameter und/oder das oder die Ätzmedien beim Ätzen der Poren in der Deckschicht und die Ätzparameter und/oder das oder die Ätzmedien beim Ätzen der Poren bzw. Hohlräume in dem Bereich der späteren Kaverne unterschiedlich gewählt sind.

10

Hieran ist insbesondere vorteilhaft, daß die Porosität der Deckschicht zum Abtransport des zur Herstellung der Kaverne zu zersetzenden Siliziums in prozeßtechnisch gut kontrollierbarer Weise bevorzugt lediglich angemessen groß einstellbar ist. Andererseits
15 kann die Kaverne jedoch schnell und damit kostengünstig hergestellt werden.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, die Ätzparameter derart einzustellen und/oder das oder die Ätzmedien beim Ätzen der Kaverne derart zu wählen, daß die

20

Ausdehnungsgeschwindigkeit der Poren bzw. Hohlräume derart hoch ist, daß die Poren bzw. Hohlräume sehr rasch miteinander "überlappen". Hierdurch entsteht zunächst ein einziger weitgehend flächenhafter Ausgangshohlraum im Substrat, der sich mit fortschreitender Zeit in die Tiefe ausdehnt und die Kaverne bildet.

25

Bei einer bevorzugten, zur unmittelbar vorstehenden Ausführungsform alternativen Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, die Ätzparameter und/oder das oder die Ätzmedien beim Ätzen der Kaverne derart zu wählen, daß die Porosität des Bereichs des Substrats, der
30 die spätere Kaverne bildet, größer als die Porosität der Deckschicht ist. Bevorzugt weist die Vorstufe der späteren Kaverne eine Porosität von mehr als 80 % auf. Vorzugsweise wird die Kaverne nachfolgend aus dem porösen Bereich des Substrats unter Ausführung von einem oder mehreren Temperschritten, vorzugsweise über ca. 900
35 °C, gebildet.

Bei einer Temperung, bevorzugt unter einer Wasserstoff-, Stickstoff- oder Edelgasatmosphäre, wie bei Temperaturen über ca. 900 °C, ordnen sich die Poren im Bereich des Siliziums, der die

spätere Kaverne bildet, bei einer Porosität von ca. mehr als 80 %
um, wodurch unter der gering porösen Deckschicht bzw. Startschicht
für eine nachfolgend abzuscheidende Epitaxieschicht eine einzelne
große Pore, also ein Hohlraum bzw. eine Kaverne, entsteht. Die Poren
5 auf der Oberseite der gering porösen Schicht bzw. Startschicht
werden bei diesem Hochtemperaturschritt weitgehend verschlossen, so
daß auf der Startschicht eine weitgehend monokristalline
Siliziumschicht, die die eigentliche Sensormembran bildet,
abgeschieden werden kann.

10

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung handelt es
sich bei dem Ätzmedium und/oder den Ätzmedien zur Erzeugung der
Öffnungen und/oder Poren in der Deckschicht und/oder zur Erzeugung
der Kaverne um Flußsäure (HF) oder um eine flüssige Mischung oder
15 eine chemische Verbindung, die Flußsäure enthält.

20

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird dem
Ätzmedium bzw. den Ätzmedien ein leicht flüchtiger Bestandteil,
vorzugsweise ein Alkohol, wie z. B. Äthanol, und/oder gereinigtes
Wasser zur Verdünnung des Ätzmediums bzw. der Ätzmedien beigegeben.

25

Äthanol reduziert die Oberflächenspannung eines mit ihm versehenen
Ätzmediums, wodurch eine bessere Benetzung der Siliziumoberfläche
und ein besseres Eindringen des Ätzmediums in geätzte Poren bzw.
Öffnungen bzw. Hohlräume ermöglicht wird. Ferner sind die während
des Ätzvorgangs entstehenden Blasen kleiner als ohne die Zugabe von
Äthanol zum Ätzmedium und die Blasen können so besser durch die
Poren der Deckschicht entweichen. Daher läßt sich die Porengröße
und/oder die Porosität der Deckschicht in vorteilhafter Weise
30 kleiner halten als ohne die Zugabe des Alkohols.

35

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist
vorgesehen, die Öffnungen und/oder Poren in der Deckschicht und/oder
im Bereich der späteren Kaverne mit einem elektrochemischen
Verfahren, vorzugsweise unter Verwendung des vorgenannten Ätzmediums
bzw. der vorgenannten Ätzmedien, zu erzeugen.
Ferner ist bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung unter
Verwendung eines elektrochemischen Ätzverfahrens, vorzugsweise ein
Ätzverfahren unter Verwendung von Flußsäure (HF), vorgesehen, die

Ausdehnungsgeschwindigkeit der beim Ätzvorgang entstehenden Poren oder Hohlräume durch das Anlegen einer elektrischen Spannung und eines hierdurch hervorgerufenen elektrischen Stroms durch das Ätzmedium bzw. die Ätzmedien zu beeinflussen. Die

5 Ausdehnungsgeschwindigkeit der Poren bzw. Hohlräume ist insbesondere abhängig von der Dotierung des zu ätzenden Siliziumsubstrats, der Stromdichte, ggf. der HF-Konzentration im Ätzmedium und der Temperatur. Es versteht sich, daß dies lediglich Beispiele
10 relevanter Verfahrensparameter eines erfindungsgemäßen Ätzverfahrens sind.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird das Ätzmedium, die HF-Konzentration im Ätzmedium und/oder die Dotierung
15 des zu ätzenden Bereichs und/oder die Temperatur und ggf. weitere Prozeßparameter des Ätzverfahrens derart gewählt, daß sich der Ätzvorgang bzw. die Poren- bzw. Hohlraumbildung in geeigneter Weise einstellen und/oder mit dem Ausschalten der elektrischen Spannung
abstellen läßt, vorzugsweise weitgehend abrupt.

20 Bei einem erfindungsgemäß bevorzugten elektrochemischen Ätzverfahren mit einem einzigen Ätzmedium und/oder mit zwei oder mehreren Ätzmedien wird in einem ersten Zeitraum, während dem sich das Ätzmedium im Bereich der Deckschicht befindet, eine erste, nicht
25 notwendigerweise zeitlich konstante Stromdichte im Ätzmedium eingestellt. Während eines zweiten Zeitraums, zu dem sich das betreffende Ätzmedium im Bereich der zu schaffenden Kaverne befindet, wird bevorzugt eine zweite, nicht notwendigerweise
30 zeitlich konstante Stromdichte eingestellt, die höher oder deutlich höher als die oder eine während des ersten Zeitraums eingestellte Stromdichte ist.

Hierdurch wird die Kaverne oder ein Vorstadium der Kaverne durch Poren bzw. Hohlräume gebildet, deren Ausdehnungsgeschwindigkeit
während des Ätzvorgangs der Kaverne höher oder deutlich höher als
35 die Ausdehnungsgeschwindigkeit der Poren zur Herstellung der porösen Deckschicht ist.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, den porös zu ätzenden Bereich der Deckfläche des Substrats vor dem Ätzvorgang mit einer Maskenschicht bzw.

Stützschrift zu umgeben, die einen freien Zugang des Ätzmediums bzw. der Ätzmedien zu dem porös zu ätzenden Bereich gestattet bzw. gestatten und die die nicht porös zu ätzenden Bereiche der Deckfläche des Substrats gegen einen Ätzangriff
5 abschirmt.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die Stützschrift dergestalt, daß sie den porös zu ätzenden Bereich bzw. die porös zu ätzende Schicht der Deckfläche während und nach dem
10 Ätzen der Kaverne am nicht geätzten Teil des Substrats mechanisch fixiert.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird die Stützschrift vor dem Ätzen des porös zu ätzenden Bereichs bzw. der
15 zu ätzenden Schicht geschaffen, indem zumindest der nächst umliegende Bereich um die porös zu ätzende Schicht der Deckfläche eines p-dotierten Siliziumsubstrats mit einer n-Dotierung versehen wird. Hierdurch kann ein "Unterätzen" des Substrats insbesondere in dem Bereich weitgehend verhindert werden, in dem die porös geätzte
20 Schicht mit dem Siliziumsubstrat mechanisch verbunden ist. Anderenfalls bestünde die Gefahr, insbesondere bei einer bevorzugt dünnen porösen Schicht bzw. Startschicht, daß diese sich vom Substrat ablöst. Zusätzlich kann eine Siliziumnitrid-Schicht als Maskierung und insbesondere zum Schutz gegen einen Ätzangriff von
25 ggf. darunter liegenden elektronischen Schaltungen verwendet werden.

Alternativ oder ergänzend kann anstelle der n-Dotierung bzw. einer n-dotierten Schicht eine Metallschicht oder Metallmaske vorgesehen sein, die ebenfalls ein Unterätzen des Substrats weitgehend
30 verhindert. Die Verwendung einer Metallschicht bzw. Metallmaske wird jedoch in der Regel nur dann zweckmäßig sein, wenn im Substrat keine Schaltkreise vorgesehen werden sollen, da ansonsten im Substrat auch nach dem Entfernen der Metallschicht bzw. Metallmaske verbleibende Metallatome die Funktion der Schaltkreise beeinträchtigen könnten.

35

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, eine porös geätzte Deckschicht, wie insbesondere eine Siliziumschicht, vorzubehandeln, bevor auf diese eine Epitaxieschicht, vorzugsweise eine weitgehend monokristalline

Siliziumschicht, aufgebracht bzw. abgeschieden wird. Die Vorbehandlung verfolgt das Ziel, die Poren in der porös geätzten Deckschicht bzw. Startschicht ganz oder teilweise zu verschließen, um die Qualität der weitgehend monokristallinen Siliziumschicht, falls erforderlich oder zweckmäßig, weiter zu verbessern.

Eine erfindungsgemäße Vorbehandlung kann in einer Temperung der porös geätzten Deckschicht bzw. Startschicht bestehen, wobei die Temperung bei einer hohen Temperatur vorgenommen wird, beispielsweise bei einer Temperatur im Bereich von ca. 900 °C bis ca. 1100 °C. Bevorzugt erfolgt die Temperung unter einer Wasserstoff-, Stickstoff- und/oder einer Edelgasatmosphäre.

Alternativ oder ergänzend zur vorgenannten Vorbehandlung kann eine (geringfügige) Oxidierung der porös geätzten Silizium-Startschicht vorgesehen werden. Bevorzugt erfolgt die Oxidierung unter (geringfügiger) Zugabe von Sauerstoff in die Atmosphäre, der die Startschicht im Reaktor ausgesetzt ist, wobei die Oxidierung bevorzugt bei einer Temperatur im Bereich von etwa 400 °C bis 600 °C erfolgt. Unter geringfügig ist eine Oxidierung zu verstehen, die weitgehend lediglich die Poren der Startschicht ganz oder teilweise verschließt und eine etwa netzartige Oxidstruktur bildet. Die Oxidstruktur soll erfindungsgemäß die Oberfläche der porös geätzten Startschicht möglichst wenig bedecken, um dafür zu sorgen, daß sich auf der Startschicht eine möglichst einkristalline Siliziumschicht abscheiden läßt, die die eigentliche Sensormembran bildet. Falls nötig, wird die Oxidierung in einem nachfolgenden Prozeßschritt soweit entfernt, bis dieser erwünschte Zustand eintritt.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die Dicke der Startschicht wesentlich kleiner als die Dicke der auf ihr abgeschiedenen Siliziumschicht, so daß das physikalische Verhalten der Sensormembran weitgehend durch die prozeßtechnisch gut in ihrer Dicke einstellbare Siliziumschicht bestimmt ist.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird die gering poröse Schicht bzw. Startschicht für die Abscheidung einer Epitaxieschicht, die beispielsweise die Membran eines Drucksensors bildet, mit einem Ätzmedium geätzt, das eine Flußsäure-Konzentration

(HF-Konzentration) im Bereich von ca. 20 % bis ca. 50 %, vorzugsweise ca. 30 % bis ca. 40 %, insbesondere ca. 33 %, aufweist.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung, wird
5 die poröse Schicht, die eine Vorstufe des späteren Hohlraums bzw. der Kaverne bildet, mit einem Ätzmedium geätzt, das eine Flußsäure-Konzentration (HF-Konzentration) im Bereich von ca. 0 % bis ca. 40 %, vorzugsweise ca. 5 % bis ca. 20 %, insbesondere weniger als ca. 20 %, aufweist. Bevorzugt besteht der verbleibende Teil des
10 Ätzmediums, der nicht durch Flußsäure gebildet ist, weitgehend aus einem Alkohol, wie insbesondere Äthanol.

Um während eines vorgenannten erfindungsgemäßen Ätzschritts zur Bildung eines Hohlraums bzw. einer Kaverne eine hohe
15 Ausdehnungsgeschwindigkeit der Poren bzw. Hohlräume in der zu zersetzenden Schicht zu erreichen, bei der die Poren bzw. Hohlräume sehr rasch miteinander "überlappen" und so eine einzige "Riesenpore" bilden, ist bei einer erfindungsgemäßen Ausführungsform der Erfindung ein erfindungsgemäßes Ätzmedium vorgesehen. Das
20 erfindungsgemäße Ätzmedium weist eine Flußsäure-Konzentration (HF-Konzentration) im Bereich von ca. 0 % bis ca. 5 %, vorzugsweise ca. 1 % bis ca. 3 %, insbesondere weniger als ca. 5 % auf. Bevorzugt besteht der verbleibende Teil dieses Ätzmediums, der nicht durch Flußsäure gebildet ist, weitgehend aus einem Alkohol, wie
25 insbesondere Äthanol, und/oder aus gereinigtem Wasser.

Zeichnungen

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung eines
30 erfindungsgemäßen mehrschichtigen Halbleiterbauelements wird nachfolgend am Beispiel von Drucksensoren unter Verwendung von schematischen, nicht notwendigerweise maßstäblichen Zeichnungen näher erläutert, wobei gleiche Bezugszeichen gleiche oder gleichwirkende Schichten oder Teile bezeichnen. Es zeigt:
35 Fig. 1 eine erste bevorzugte Variante einer Vorstufe eines erfindungsgemäßen Drucksensors nach der Erzeugung einer Siliziummembran mit geringer Porosität in einem Siliziumsubstrat mit einer unter der

Siliziummembran liegenden porösen Siliziumschicht mit demgegenüber hoher Porosität - im Querschnitt;

- Fig. 2
5 die in Fig. 1 dargestellte erste Vorstufe, nachdem die unter der Siliziummembran liegende Siliziumschicht mit hoher Porosität zu einem Hohlraum geworden ist - im Querschnitt;
- Fig. 3
10 eine erste Variante einer auf der Grundlage der in Fig. 2 dargestellten Vorstufe hergestellte weitere Vorstufe eines Drucksensors, nachdem die poröse Siliziummembran vorbehandelt und dann mit einer Epitaxieschicht versehen worden ist, die die eigentliche Membran des Drucksensors bildet - im
15 Querschnitt;
- Fig. 4
20 eine zweite Variante einer auf der Grundlage der in Fig. 2 dargestellten Vorstufe hergestellte weitere Vorstufe eines Drucksensors, nachdem die poröse Siliziummembran mit einer Epitaxieschicht versehen worden ist, die die eigentliche Membran des Drucksensors bildet - im Querschnitt;
- Fig. 5
25 einen auf der Basis der in den Figuren 3 oder 4 dargestellten Vorstufe hergestellten Absolutdrucksensor, der mit monokristallinen, piezoresistiven Widerständen und dotierten Zuleitungen versehen worden ist - im Querschnitt;
- Fig. 6
30 den in Fig. 5 dargestellten Absolutdrucksensor, der mit im Sensor integrierten Schaltungen versehen worden ist - im Querschnitt;
- Fig. 7
35 eine erste Variante eines erfindungsgemäßen Differenzdrucksensors mit einer Zugangsöffnung und einem lateralen Kanal zum Hohlraum - im Querschnitt;
- Fig. 8
den Umriß des Membranbereichs des in Fig. 7 dargestellten Differenzdrucksensors - in Draufsicht;

- Fig. 9 eine zweite Variante eines erfindungsgemäßen Differenzdrucksensors mit einer Zugangsöffnung zum Hohlraum - im Querschnitt;
- 5 Fig. 10 eine Vorstufe einer dritten Variante eines erfindungsgemäßen Differenzdrucksensors mit einer einzigen dicken porösen Schicht - im Querschnitt;
- 10 Fig. 11 die in Fig. 10 dargestellte Vorstufe mit einer ersten Zugangsöffnung - im Querschnitt;
- Fig. 12 die in Fig. 10 dargestellte Vorstufe mit einer zweiten Zugangsöffnung - im Querschnitt;
- 15 Fig. 13 eine Vorstufe einer vierten Variante eines erfindungsgemäßen Differenzdrucksensors mit einer porösen Schicht, die sich bis zur Unterseite des Substrats erstreckt - im Querschnitt;
- 20 Fig. 14 die in Fig. 13 dargestellte Vorstufe, nachdem die sich bis zur Unterseite des Substrats erstreckende poröse Schicht entfernt worden ist - im Querschnitt;
- 25 Fig. 15 eine Vorstufe eines erfindungsgemäßen kapazitiven Absolutdrucksensors - im Querschnitt;
- Fig. 16 die in Fig. 15 dargestellte Vorstufe nach der Erzeugung einer porösen Siliziummembran mit einem unter der Siliziummembran liegenden Hohlraum - im Querschnitt;
- 30 Fig. 17 eine erste Variante einer Vorstufe eines Drucksensors mit Widerständen, deren Widerstand sich aufgrund der Durchbiegung einer Membran des Drucksensors bei Druckbeaufschlagung ändert- im Querschnitt;
- 35 Fig. 18 eine zweite Variante einer Vorstufe eines Drucksensors mit Widerständen, deren Widerstand sich aufgrund der Durchbiegung einer Membran des

Drucksensors bei Druckbeaufschlagung ändert- im Querschnitt;

- 5 Fig. 19 die in Fig. 17 dargestellte Vorstufe nach der Erzeugung einer porösen Siliziummembran in der auf dem Siliziumsubstrat abgeschiedenen Silizium-Epitaxieschicht mit einem unter der Siliziummembran liegenden Hohlraum - im Querschnitt;
- 10 Fig. 20 die in Fig. 19 dargestellte weitere Vorstufe, nachdem die poröse Siliziummembran mit einer Verschlussschicht versehen worden ist - im Querschnitt;
- 15 Fig. 21 eine erste Variante eines Differenzdruck-sensors, der auf der Basis des in Fig. 20 dargestellten Absolutdrucksensors hergestellt worden ist - im Querschnitt; und
- 20 Fig. 22 eine zweite Variante eines Differenzdruck-sensors, der auf der Basis des in Fig. 20 dargestellten Absolutdrucksensors hergestellt worden ist - im Querschnitt.
- 25 Fig. 1 zeigt eine bevorzugte Variante einer Vorstufe 100 des in Fig. 5 dargestellten Absolutdrucksensors 500 - im Querschnitt. Zur Herstellung des in Fig. 5 dargestellten Absolutdrucksensors 500 wird zunächst auf der Oberseite eines Siliziumsubstrats 101 eine Maskenschicht 102 erzeugt, wobei ein nicht durch die Maskenschicht
- 30 102 abgedeckter Bereich 103 entsteht. Bei der Maskenschicht kann es sich beispielsweise um eine Nitridschicht, eine n-dotierte Schicht (bei p-dotiertem Siliziumsubstrat) oder eine sonstige geeignete Schicht handeln, die von dem nachfolgend verwendeten Ätzmedium weitgehend nicht angegriffen wird.
- 35 Die Oberseite des Siliziumsubstrats 101 wird elektrochemisch unter Verwendung eines geeigneten Ätzmediums derart geätzt, daß das Ätzmedium unmittelbar unter dem nicht abgedeckten Bereich 103 kleine Öffnungen bzw. Poren in dem Siliziumsubstrat 101 erzeugt. Es

entsteht eine Siliziumschicht 104 mit geringer Porosität. Durch diese kleinen Öffnungen bzw. Poren der Siliziumschicht 104 gelangt das Ätzmedium in tiefer gelegene Bereiche des Siliziumsubstrats 101 und bildet ebenfalls Poren in dem dort befindlichen Silizium.

- 5 Hierbei entsteht eine poröse Siliziumschicht 105 unterhalb der porösen Siliziumschicht 104.

- Bei dem Ätzmedium zum elektrochemischen Ätzen, wie insbesondere Naßätzen, handelt es sich bevorzugt um Flußsäure (HF) oder um ein
10 Ätzmedium, das u. a. Flußsäure (HF) enthält. Erfindungsgemäß wird bevorzugt ein elektrisches Feld zwischen der Oberseite und der Unterseite des Siliziumsubstrats 101 erzeugt, wobei über die eingestellte elektrische Feldstärke bzw. die eingestellte elektrische Stromdichte die Ausdehnungsgeschwindigkeit der Poren
15 bzw. Öffnungen bzw. Hohlräume beeinflußt wird.

- Bei einem bevorzugten elektrochemischen Ätzverfahren gemäß der Erfindung, werden zu ätzende Vorstufen der Drucksensoren in ein wannenförmiges Gefäß gegeben, das mit dem Ätzmedium gefüllt ist, und
20 es wird eine elektrische Spannung derart an gegenüberliegenden Enden des Ätzmediums angelegt, daß das elektrische Feld entsteht.

- Um dafür zu sorgen, daß die poröse Siliziumschicht 104 im Bereich unmittelbar unter dem von der Maskenschicht 102 ausgesparten Bereich
25 103 entsteht, wird nach dem Aufbringen des Ätzmediums auf den nicht abgedeckten Bereich 103 in einem ersten Schritt eine nicht notwendigerweise konstante elektrische Stromdichte eingestellt. Sie ist vorzugsweise derart gewählt, daß unmittelbar unter dem nicht abgedeckten Bereich 103 Öffnungen bzw. Poren im Siliziumsubstrat 101
30 entstehen.

- Ein weiteres, wichtiges Kriterium für die in dem ersten Schritt eingestellte, nicht notwendigerweise konstante elektrische Stromdichte besteht darin, eine solche elektrische Stromdichte
35 einzustellen, bei der geeignete Öffnungen bzw. Poren im Siliziumsubstrat 101 unmittelbar unter dem nicht abgedeckten Bereich 103 entstehen. Geeignet sind insbesondere solche Öffnungen bzw. Poren, die es nachfolgend gestatten auf der während des Ätzvorgangs gebildeten porösen Siliziumschicht 104 eine weitgehend

monokristalline Siliziumschicht abzuscheiden, die die eigentliche Sensormembran bildet. Daher dürfen die Öffnungen bzw. Poren nur eine adäquate Größe bzw. einen adäquaten Durchmesser aufweisen.

- Bevorzugte Öffnungen bzw. Poren haben beispielsweise einen
5 Durchmesser von ca. 10 bis 100 nm, vorzugsweise ca. 10-30 nm.

Es versteht sich, daß dies lediglich ein Beispiel für geeignete Öffnungen bzw. Poren ist.

- 10 Nachdem das Ätzmedium die poröse Siliziumschicht 104 durchdrungen hat, wird in einem zweiten Schritt bevorzugt die Stromdichte im Vergleich zur Stromdichte während des ersten Schritts erhöht, wodurch die Poren- bzw. Hohlraumausdehnungsgeschwindigkeit gesteigert wird und größere Poren in der Siliziumschicht 105 im
15 Vergleich zu den Poren in der porösen Siliziumschicht 104 entstehen.

- Das von dem Ätzmedium zersetzte Silizium wird während des Ätzvorgangs und/oder nachfolgend über die Öffnungen bzw. Poren in der porösen Siliziumschicht 104 entfernt und "frisches" Ätzmedium
20 herangeführt.

- Bei der in Fig. 1 dargestellten bevorzugten ersten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung der Vorstufe eines Drucksensors bzw. eines Hohlraums, wird der Ätzvorgang zur
25 Herstellung des späteren Hohlraums 201 (Fig. 2) durch die Wahl geeigneter Prozeßparameter und/oder eines oder mehrerer geeigneter Ätzmedien derart eingestellt, daß die Porosität der Siliziumschicht 105, die den späteren Hohlraum 201 bildet, ausreichend groß ist. Unter "ausreichend" wird bevorzugt eine Porosität verstanden, die
30 größer als 80 Prozent und kleiner als 100 Prozent ist. Nachfolgend wird eine Temperung vorgenommen. Die Temperung erfolgt bevorzugt unter einer Wasserstoff-, Stickstoff- oder Edelgasatmosphäre und/oder bei einer Temperatur von über ca. 900 °C. Aufgrund der hohen Porosität der Siliziumschicht 105 ordnen sich bei der
35 Temperung die Poren so um, daß unter der gering porösen Siliziumschicht 104 eine einzelne große Pore entsteht, also der in Fig. 2 dargestellte Hohlraum bzw. die dargestellte Kaverne 201. Die Poren auf der Oberseite der gering porösen Siliziumschicht 104 werden bei der Temperung bzw. dem Hochtemperaturschritt weitgehend

verschlossen, so daß auf dieser die eigentliche Sensormembran als weitgehend monokristalline Siliziumschicht abgeschieden werden kann.

Bei einer nicht dargestellten, ebenfalls bevorzugten
5 erfindungsgemäßen zweiten Variante zur Erzeugung der Vorstufe eines Drucksensors bzw. eines Hohlraums 201 werden die Prozeßparameter nach der Bildung der Siliziumschicht 104 geringer Porosität derart eingestellt, daß die Ausdehnungsgeschwindigkeit der Poren bzw.
10 Hohlräume innerhalb einer dünnen Übergangsschicht unter der Siliziumschicht 104 stark ansteigt, wobei die Poren in dieser Übergangsschicht zusammenwachsen bzw. einander quasi "überlappen". Mit anderen Worten: Die Übergangsschicht ist ein zunächst flächenhafter Hohlraum, der während des weiteren Ätzvorgangs in die Tiefe wächst und schließlich den Hohlraum bzw. die Kaverne 201
15 bildet. D. h. es werden nicht erst Poren geätzt und dann vergrößert, sondern die Übergangsschicht, eine flächenhafte "Riesepore" mit zunächst geringer Dicke, wächst langsam in die Tiefe. Erfindungsgemäß wird das Ätzmedium und/oder die Ätzmedien bevorzugt mit einem leicht flüchtigen Bestandteil versehen. Vorzugsweise wird
20 ein Alkohol verwendet, wie beispielsweise Äthanol.

Falls erforderlich oder zweckmäßig, ist erfindungsgemäß vorgesehen, den porös zu ätzenden Bereich der Deckfläche des Substrats 101 mit einer Maskenschicht und/oder Stützschrift zu versehen, die die porös
25 zu ätzende Schicht der Deckfläche, d. h. die Siliziumschicht 104, während und nach dem Ätzen bzw. während der Schaffung des Hohlraums 201 an den Verbindungsstellen im Bereich der nicht geätzten Deckfläche des Substrats mechanisch fixiert (nicht dargestellt).

30 Eine solche Stützschrift kann beispielsweise geschaffen werden, indem zumindest der nächst umliegende Bereich um die porös zu ätzende Siliziumschicht 104 der Deckfläche des p-dotierten Siliziumsubstrats 101 mit einer n-Dotierung versehen wird. Hiermit kann ein "Unterätzen" des Siliziumsubstrats 101 im Bereich der
35 Verbindungsstellen bzw. Grenzflächen zwischen der Siliziumschicht 104 und dem Siliziumsubstrat 101 weitgehend verhindert werden. Ferner kann dafür Sorge getragen werden, daß auch eine bevorzugt dünne poröse Siliziumschicht 104, die die Startschicht einer

Silizium-Epitaxieschicht 301 bzw. 401 (Fig. 3 und 4) bildet, sicher am Siliziumsubstrat 101 befestigt ist.

Fig. 3 zeigt eine erste Variante einer auf der Grundlage der in Fig. 2 dargestellten Vorstufe geschaffenen weiteren Vorstufe des Absolutdrucksensors 500 im Querschnitt, der in Fig. 5 dargestellt ist, nachdem die poröse Siliziummembran bzw. Siliziumschicht 104 vorbehandelt und dann mit einer weitgehend monokristallinen Silizium-Epitaxieschicht 301 versehen worden ist. Der Druck, der bei dem Epitaxieprozeß bzw. bei der Abscheidung der Epitaxieschicht 301 herrscht, definiert den im Hohlraum 201 eingeschlossenen Druck.

Eine bevorzugte erfindungsgemäße Vorbehandlung besteht aus einer Temperung der porösen Siliziumschicht 104. Bevorzugt wird die Temperung bei einer hohen Temperatur vorgenommen, wie beispielsweise bei einer Temperatur im Bereich von ca. 900 °C bis ca. 1100 °C und/oder die Temperung wird unter einer Wasserstoff-, Stickstoff- und/oder Edelgasatmosphäre vorgenommen.

Die Vorbehandlung erlaubt es die Poren in der porös geätzten, monokristallinen Siliziumschicht 104 weitgehend zu verschließen, so daß auf dieser eine weitgehend monokristalline Silizium-Epitaxieschicht 301 abgeschieden werden kann. Es versteht sich, daß auf eine solche Vorbehandlung, insbesondere aus Kostengründen, verzichtet werden kann, wenn die Qualität der abgeschiedenen Siliziumschicht auch ohne Vorbehandlung zufriedenstellend ist.

Fig. 4 zeigt demgegenüber eine zweite Variante einer auf der Grundlage der in Fig. 2 dargestellten Vorstufe hergestellten weiteren Vorstufe des in Fig. 5 gezeigten Absolutdrucksensors 500 im Querschnitt, nachdem die poröse Siliziummembran bzw. Siliziumschicht 104 ohne Vorbehandlung mit einer ebenfalls weitgehend monokristallinen Silizium-Epitaxieschicht 401 versehen worden ist. Diese bildet wiederum die eigentliche Membran des Drucksensors. Der Druck, der bei dem Epitaxieprozeß bzw. bei der Abscheidung der Epitaxieschicht 401 herrscht, definiert, wie bei der Abscheidung der Epitaxieschicht 301, den im Hohlraum 201 eingeschlossenen Druck. Beim Epitaxieprozeß mit Wasserstoff als Trägergas zur Herstellung der Epitaxieschicht 301 bzw. 401 wird hauptsächlich Wasserstoff im

Hohlraum 201 eingeschlossen. Findet die Epitaxie in etwa bei Atmosphärendruck und damit bei gegenüber niedrigeren Prozeßdrücken höheren Wachstumsraten statt, so beträgt der eingeschlossene Wasserstoffdruck etwa 1 bar. Bei einem erfindungsgemäßen

5 Hochtemperaturschritt, z. B. unter einer Stickstoffatmosphäre, diffundiert der Wasserstoff aufgrund seiner geringen Molekülgröße und aufgrund des Gradienten der Wasserstoffkonzentration insbesondere durch die im Verhältnis zum Substrat in der Regel dünnere Epitaxieschicht 301 bzw. 401. Hierdurch entsteht in der

10 Kaverne 201 nahezu ein Vakuum. Ein solcher erfindungsgemäßer Verfahrensschritt ist insbesondere bei der Herstellung eines Absolutdrucksensors zweckmäßig. Dessen Hohlraum weist in der Regel einen gegenüber der Atmosphäre verminderten Druck auf, wie insbesondere Vakuum. Ferner kann es zweckmäßig sein, den

15 erfindungsgemäßen Hochtemperaturschritt unter einer Wasserstoffatmosphäre auszuführen, wobei der Druck der Wasserstoffatmosphäre vorzugsweise auf den Druck eingestellt wird, der in der Kaverne bzw. im Hohlraum des Absolutdrucksensors erwünscht ist.

20 Es versteht sich, daß die vorstehende Verfahrensweise zur Herstellung eines weitgehenden Vakuums in der Kaverne 201 auch bei Epitaxieprozessen mit Wasserstoff als Trägergas unter höheren oder niedrigeren Gesamtdrücken als etwa 1 bar Verwendung finden kann.

25 In Fig. 5 ist ein auf der Basis der in den Figuren 3 oder 4 dargestellten Vorstufe hergestellter Absolutdrucksensor 500 im Querschnitt gezeigt. Bei dem Absolutdrucksensor 500 sind auf der weitgehend monokristallinen Silizium-Epitaxieschicht 301 bzw. 401 in

30 bekannter Weise monokristalline, piezoresistive Widerstände 501 und Zuleitungen 502 aus dotiertem Silizium erzeugt worden.

In Fig. 6 ist ein auf der Basis des in Fig. 5 dargestellten Absolutdrucksensors 500 hergestellter Absolutdrucksensor 600 im Querschnitt gezeigt. Der in Fig. 5 dargestellte Absolutdrucksensor

35 500 ist in bekannter Weise mit integrierten Schaltungen 601, 602 und 603 versehen worden.

Fig. 7 zeigt eine erste Variante eines erfindungsgemäßen Differenzdrucksensors 700 - im Querschnitt - mit einer

Zugangsöffnung 701 zum Hohlraum bzw. zur Kaverne 201 über einen lateralen Kanal 702. Die in Fig. 7 dargestellte erste Variante des erfindungsgemäßen Differenzdrucksensors 700 ist wie der in Fig. 6 dargestellte Absolutdrucksensor 600 hergestellt worden.

- 5 Für einen Differenzdrucksensor ist es wünschenswert, Druck von der Rückseite der Membran bzw. der Epitaxieschicht 301 bzw. 401 zuführen zu können. Dazu ist es notwendig, durch geeignete Ätztechniken eine Öffnung 703 von der Rückseite der Membran bzw. des Substrats 101 zu erzeugen. Eine vorzugsweise weitgehend senkrechte Wände aufweisende Öffnung 703 kann beispielsweise durch Trockenätzen, wie Plasmaätzen oder Trenchätzen, erzeugt werden. Plasmaätzen ist nun vorgesehen, den stoppt auf Oxidschichten. Erfindungsgemäß ist eine Oxidation des Hohlraum 201 mit einer Abscheidung der Silizium-Epitaxieschicht 301 bzw. 401 ist jedoch nicht möglich, da dann auf der gering porösen Siliziumschicht bzw. Startschicht 104 eine nicht erwünschte polykristalline Epitaxieschicht aufwachsen würde.
- 20 Liegt die Zugangsöffnung 701 außerhalb des Membranbereichs, wie im Ausführungsbeispiel gemäß der Figuren 7 und 8, muß in der Maskenschicht 102 der laterale Kanal 702 berücksichtigt und der laterale Kanal 702 zusammen mit dem Hohlraum bzw. mit der Kaverne 201 in der beschriebenen Weise erzeugt werden.
- 25 Nach der Abscheidung der Epitaxieschicht 301 bzw. 401 werden beispielsweise durch Trockenätzen ein oder mehrere Löcher bzw. Öffnungen 701 von der Oberseite der Epitaxieschicht bis zum Hohlraum 201 erzeugt. Dies kann (nicht dargestellt) entweder direkt im Membranbereich (der Bereich der Epitaxieschicht 301 bzw. 401 oberhalb der Öffnung 703, vgl. auch Fig. 8) oder außerhalb der Membran erfolgen, wie in den Figuren 7 und 8 dargestellt.
- 30 Nach der Herstellung des Hohlraums 201, des lateralen Kanals 702 sowie der Zugangsöffnung 701 werden die Wände des Hohlraums bzw. der Kaverne 201, des lateralen Kanals 702 und der Zugangsöffnung 701 in bekannter Weise in einem Oxidationsschritt oxidiert.

Der Oxidationsschritt ist möglicherweise bereits für die Erzeugung von Schaltungselementen notwendig und erfordert ggf. keinen zusätzlichen Aufwand. Bei geeigneter Wahl der Größe der Zugangsöffnung 701 wird diese bereits durch den Oxidationsschritt verschlossen. Ansonsten kann die Zugangsöffnung 701 durch einen speziellen Verschlussschritt oder durch das Ausnutzen weiterer, zur Erzeugung von Schaltungselementen notwendiger Prozeßschritte verschlossen werden, wie beispielsweise durch die Abscheidung von Oxid, Nitrid, Metall, usw..

10

In einem nachfolgenden Verfahrensschritt wird die Öffnung 703 von der Unterseite des Substrats bzw. Wafers 101 durch Trockenätzen, wie insbesondere Trenchätzen, gebildet. Dieser Ätzprozeß stoppt auf der Oxidschicht, die den Hohlraum von unten begrenzt. Durch einen sich hieran anschließenden Ätzschritt, wie ein Trockenätzschritt oder ein naßchemischer Ätzschritt, wird die den Hohlraum von unten begrenzende dünne Oxidschicht und eine ggf. auf der Rückseite des Wafers vorhandene Oxidmaske entfernt und der Hohlraum bzw. die Kaverne 201 geöffnet.

20

Fig. 9 zeigt eine zweite Variante eines erfindungsgemäßen Differenzdrucksensors 900 mit einer Zugangsöffnung 901 zum Hohlraum 201 - im Querschnitt. Wie im Zusammenhang mit den Figuren 7 und 8 beschrieben, wird ein lateraler Kanal 702 erzeugt. Anstelle der Zugangsöffnung 701 bei der in den Figuren 7 und 8 dargestellten ersten Variante eines erfindungsgemäßen Differenzdrucksensors 700, wird bei dem in Fig. 9 dargestellten Differenzdrucksensor 900 eine Oxid-Stopschicht 902 zumindest oberhalb des lateralen Kanals 702 auf der Epitaxieschicht 301 bzw. 401 abgeschieden. Analog zu der im Zusammenhang mit den Figuren 7 und 8 beschriebenen Weise, wird in einem nachfolgenden Ätzschritt eine Öffnung 901, wie insbesondere durch Trenchätzen, unterhalb der Oxid-Stopschicht 902 erzeugt. Der Ätzprozeß stoppt dabei im Bereich des lateralen Kanals 702 auf der Unterseite der Oxid-Stopschicht 902, die sich oberhalb der Epitaxieschicht 301 bzw. 401 befindet.

35

Zur Erhöhung der Stabilität der Epitaxieschicht 301 bzw. 401 kann die Oxid-Stopschicht 902 durch weitere Schichten verstärkt werden. Ebenso ist es denkbar keinen lateralen Kanal zu verwenden, sondern die Öffnung im Membranbereich vorzusehen (nicht dargestellt).

Fig. 10 zeigt eine Vorstufe 1000 einer dritten Variante eines erfindungsgemäßen Differenzdrucksensors 1100 bzw. 1200 mit einer einzigen dicken porösen Schicht 1001 - im Querschnitt. Die dicke poröse Schicht 1001 wird in analoger Weise wie insbesondere im Zusammenhang mit den Figuren 1 bis 4 erläutert erzeugt. Die poröse Schicht 1001 ist jedoch vorzugsweise deutlich dicker als die gering poröse Siliziumschicht 104. Im Unterschied zu den Differenzdrucksensoren 700 und 900 ist die Bildung eines Hohlraums bzw. einer Kaverne 201 vor der Bildung eines einseitig offenen Hohlraums 1101 bzw. 1201 (vgl. Figuren 11 und 12) nicht notwendig. Die mit 1002 bezeichneten Bereiche sind dotierte Bereiche des Substrats 101, die eine Unterätzung am Rand der Membran, die sich über dem einseitig offenen Hohlraum (vgl. Fig. 11 bis 14) erstreckt, begrenzen. Dies ist aufgrund der hohen Ätztiefe zur Erzeugung der dicken porösen Schicht 1001, wie beispielsweise ca. 50 µm, sinnvoll. Die Membran wird dadurch am Membranrand etwas steifer.

Ausgehend von der in Fig. 10 dargestellten Vorstufe eines erfindungsgemäßen Differenzdrucksensors 1100 bzw. 1200, wird mit isotropen oder anisotropen Ätztechniken, bevorzugt mit Hochratentrenchen, von der Rückseite des Substrats bzw. Wafers 101 der einseitig offene Hohlraum 1101 bzw. 1201 hergestellt.

Aufgrund der in der dicken porösen Schicht 1001 vorhandenen Poren kann diese selektiv zum umgebenden Substratmaterial durch Ätzlösungen oder Ätzelektrolyten herausgelöst werden. Dieses Herauslösen kann im gleichen Prozeßschritt wie das Ätzen der Zugangsöffnung zur Rückseite der Sensormembran und zur Bildung des einseitig offenen Hohlraums 1101 bzw. 1201 erfolgen.

Die Breite des einseitig offenen Hohlraums 1101 ist geringer als die Breite des Membranbereichs bzw. als die Breite der porösen Schicht 1001, wohingegen die Breite des einseitig offenen Hohlraums 1201 größer als die Breite des Membranbereichs bzw. als die Breite der porösen Schicht 1001 ist.

Fig. 13 zeigt eine Vorstufe 1300 einer vierten Variante eines erfindungsgemäßen Differenzdrucksensors 1400 im Querschnitt. Bei der

Vorstufe 1300 erstreckt sich die poröse Schicht 1301, im Unterschied zu der in Fig. 10 dargestellten Vorstufe, bis zur Unterseite des Substrats 101. Die poröse Schicht 1301 kann in der im Zusammenhang mit den Figuren 10 bis 12 genannten Weise selektiv entfernt werden, ohne daß eine Zugangsöffnung geätzt werden muß. Nach der selektiven Entfernung der porösen Schicht 1301 befindet sich unter der Sensormembran bzw. der Epitaxieschicht 401 ein einseitig offener Hohlraum 1401.

Durch Standardhalbleiterprozesse wird die in Fig. 15 im Querschnitt dargestellte Vorstufe 1500 eines erfindungsgemäßen kapazitiven Absolutdrucksensors 1600 (Fig. 16) hergestellt. Neben integrierten Schaltungen 601 und 603 zur Auswertung der vom kapazitiven Absolutdrucksensors 1600 abgegebenen Meßsignale, ist auf der Oberseite des Siliziumsubstrats 101 in dem Siliziumsubstrat 101 eine vorzugsweise durch eine geeignete Dotierung des Siliziumsubstrats 101 erzeugte Bodenelektrode 1501 und auf der Oberseite des Siliziumsubstrats 101 und der Bodenelektrode 1501 eine Silizium-Epitaxieschicht 401, die vorzugsweise monokristallin ist, vorgesehen. Auf der Oberseite der Silizium-Epitaxieschicht 401 ist höhenversetzt zur Bodenelektrode 1501 eine vorzugsweise durch eine geeignete Dotierung erzeugte Deckelelektrode 1502 in der Silizium-Epitaxieschicht 401 vorgesehen. Die Oberseite der Silizium-Epitaxieschicht 401 ist außer im Bereich 103 der Deckelelektrode 1502 von einer Maskenschicht 102 zum Schutz gegen einen Ätzangriff abgedeckt.

Der durch die Maskenschicht 102 nicht abgedeckte Bereich 103 wird, wie bereits eingehend beschrieben, porös geätzt, vorzugsweise elektrochemisch, wie insbesondere unter Verwendung von Flußsäure (HF) oder einem Ätzmedium, das Flußsäure enthält. Ausgehend von der Deckelelektrode 1502 entsteht hierbei eine poröse Deckelelektrode bzw. Membran 1601.

Bei einer möglichen Ausführungsform der Erfindung wird die Deckelelektrode 1502 aus einer p-dotierten Schicht der ebenfalls p-dotierten Epitaxieschicht 401 gebildet. Eine p-dotierte Schicht wird von dem Ätzmedium porös geätzt. Die Bodenelektrode 1501 kann sowohl durch eine p-dotierte als auch durch eine n-dotierte Schicht gebildet werden.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird sowohl die Bodenelektrode 1501 als auch die Deckelelektrode 1502 durch eine sieb- bzw. netzartige, n-dotierte Schicht in der p-dotierten Epitaxieschicht 401 bzw. im p-dotierten Substrat 101 gebildet. Die
5 n-dotierten Bereiche der sieb- bzw. netzartigen Schicht sind vorzugsweise sehr schmal, flach und weisen einen geeigneten Abstand zueinander auf, so daß sie gut von dem Ätzmedium zur Bildung der porösen Deckelelektrode 1502 unterätzt werden können.

10 Eine n-dotierte Schicht wird von dem Ätzmedium weitgehend nicht angegriffen, und das Ätzmedium durchdringt die sieb- bzw. netzartige Schicht der Deckelelektrode 1502 zur Bildung des späteren Hohlraums 201. Der Hohlraum 201 kann insbesondere durch eines der bereits im Zusammenhang mit den Figuren 1 bis 3 beschriebenen Verfahren
15 gebildet werden. Bevorzugt ist auch für die Bodenelektrode 1501 eine sieb- bzw. netzartige, vorzugsweise ebenfalls n-dotierte Schicht vorgesehen. Hierdurch ergibt sich in vorteilhafter Weise ein weitgehend homogenes elektrisches Feld beim elektrochemischen Ätzvorgang.

20 Ein auf die Deckelelektrode 1502 des Absolutdrucksensors wirkender äußerer Druck biegt die Deckelelektrode 1502 zur Bodenelektrode 1501 hin, wodurch sich die Kapazität des durch die beiden Elektroden gebildeten Kondensators ändert. Die elektronisch auswertbare
25 Kapazität ist ein Maß für den auf die Deckelelektrode wirkenden Absolutdruck.

Um ein Unterätzen der Epitaxieschicht 401 im Kontaktbereich mit der porösen Deckelelektrode 1502 zu verhindern, ist der Kontaktbereich
30 um die poröse Deckelelektrode 1502 bevorzugt n-dotiert, wodurch die mit 1503 bezeichneten n-dotierten Bereiche entstehen.

Bei einer ersten Ausführungsform der Erfindung wird nachfolgend auf der porösen Deckelelektrode bzw. Membran 1601 eine Verschlussschicht
35 (nicht dargestellt) abgeschieden, z. B. eine Nitridschicht. Der bei der Abscheidung herrschende Druck definiert den Druck im Hohlraum bzw. in der Kaverne 201 (vgl. die vorstehenden Ausführungen zu diesem Punkt). Bei einer Druckänderung verändert sich der Abstand zwischen der Deckelelektrode und der Bodenelektrode und damit die

Kapazität. Die Kapazitätsänderung wird durch die integrierten Schaltungen 601 und 603 ausgewertet.

Bei einer zweiten Ausführungsform der Erfindung wird die Membran
5 1601 durch einen Oxidationsschritt und/oder eine Verschußschicht
(nicht dargestellt), wie z. B. eine Oxidschicht, verschlossen. Auf
der oxidierten Membran 1601 bzw. auf der Verschußschicht wird eine
weitere Schicht (nicht dargestellt), wie insbesondere eine dotierte
Poly-Siliziumschicht oder eine Metallschicht, abgeschieden, die
10 (möglicherweise nach einer Strukturierung) die Funktion einer
Deckelelektrode hat. Ebenso kann die Deckelelektrode beispielsweise
in Form eines dotierten Bereichs in der weiteren Schicht, wie
insbesondere in einer undotierten Poly-Siliziumschicht, vorgesehen
sein.

15 Sowohl bei der ersten als auch bei der zweiten Ausführungsform
können weitere Schichten abgeschieden und strukturiert werden,
beispielsweise um eine Versteifung der Membran 1601, insbesondere im
mittleren Membranbereich, zu erreichen.

20 Fig. 17 zeigt eine erste Variante einer Vorstufe 1700 eines
Absolutdrucksensors 2000 (vgl. Fig. 20) mit Widerständen, wie
insbesondere polykristallinen piezoresistiven Widerständen oder
Metall dünnschichtwiderständen - im Querschnitt. Die durch
25 Standardhalbleiterprozesse gebildete Vorstufe 1700 für die in Fig.
19 dargestellte weitere Vorstufe 1900, weist ein Siliziumsubstrat
101, eine auf dem Siliziumsubstrat 101 abgeschiedene Silizium-
Epitaxieschicht 401 und eine auf der Oberseite der Silizium-
Epitaxieschicht 401 aufgebraute Maskenschicht 102 auf. Die
30 Maskenschicht 102 ist mit einem nicht abgedeckten Bereich 103
versehen. Ferner ist in der Oberseite der Silizium-Epitaxieschicht
401 und zwischen dem Siliziumsubstrat bzw. Wafer 101 und der
Epitaxieschicht 401 jeweils eine integrierte Schaltung 601 bzw. 603
gebildet worden.

35 Fig. 18 zeigt eine zweite Variante einer Vorstufe 1800 zur Bildung
des Absolutdrucksensors 2000 (Fig. 20) im Querschnitt. Die
alternative zweite Vorstufe 1800 unterscheidet sich von der in Fig.
17 dargestellten Vorstufe 1700 darin, daß anstelle eines

Siliziumsubstrats 101 und einer auf dieser abgeschiedenen Silizium-Epitaxieschicht 401 lediglich ein Siliziumsubstrat bzw. Wafer 101 als Vorstufe zur Bildung des Absolutdrucksensors 2000 (vgl. Fig. 20) dient, der jedoch im Unterschied zu der in Fig. 20 dargestellten
5 Ausführungsform keine Silizium-Epitaxieschicht 401 aufweist.

Mit den vorstehend beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahren wird in der Silizium-Epitaxieschicht 401 der Vorstufe 1700 bzw. in dem Siliziumsubstrat 101 der Vorstufe 1800 eine poröse Siliziummembran
10 104 und ein darunter liegender Hohlraum bzw. eine Kaverne 201 im Bereich 103 erzeugt, wie dies in Fig. 19 für die Vorstufe 1700 dargestellt ist.

Nach der Entfernung der Maskenschicht 102 wird die poröse Membran
15 104 durch die Abscheidung einer Verschußschicht 2001, wie z. B. eine Nitrid-, eine Oxid-, eine Poly-Siliziumschicht oder eine monokristalline Siliziumschicht, oder durch Oxidation verschlossen. Der bei der Abscheidung der Verschußschicht 2001 bzw. bei der Oxidation herrschende Druck definiert den im Hohlraum bzw. in der
20 Kaverne 201 eingeschlossenen Druck (vgl. die vorstehenden Ausführungen zu diesem Punkt). Auf der Verschußschicht 2001 bzw. auf der oxidierten Membran (nicht dargestellt) werden Widerstände 2002, wie insbesondere polykristalline piezoresistive Widerstände oder Metалldünnschichtwiderstände, erzeugt. Die Erzeugung der
25 Widerstände 2002 kann beispielsweise durch die Abscheidung von Polysilizium auf der Verschußschicht 2001, eine nachfolgende Dotierung des abgeschiedenen Polysiliziums und ein anschließendes Strukturieren der abgeschiedenen Poly-Siliziumschicht erfolgen (nicht dargestellt). Ferner können die Widerstände 2002
30 beispielsweise durch die Abscheidung einer Poly-Siliziumschicht und einem strukturierten Dotieren der Poly-Siliziumschicht erzeugt werden (nicht dargestellt). Ebenso ist die Verwendung von Dehnungsmeßstreifen denkbar (nicht dargestellt).

35 Eine Druckänderung führt zu einer veränderten Durchbiegung in der durch die poröse Siliziumschicht 104 und die Verschußschicht 2001 über dem Hohlraum bzw. der Kaverne 201 gebildeten Membran. Dies geht mit einer Widerstandsänderung der piezoresistiven Widerstände 2002

einher, die vorzugsweise von den integrierten Schaltungen 601 bzw. 603 oder durch eine separate Schaltung ausgewertet wird.

Aufgrund der größeren Langzeitstabilität von monokristallinen
5 piezoresistiven Widerständen ggü. polykristallinen piezoresistiven Widerständen, werden die Widerstände 2002 in einer Verschlussschicht 2001 erzeugt, die eine monokristalline Siliziumschicht ist.

Alternativ können die druckabhängigen piezoresistiven Widerstände
10 2002 bei dem in Fig. 20 dargestellten Absolutdrucksensor 2000 durch n-dotierte Widerstände in dem Bereich der Epitaxieschicht 401 gebildet sein, die die spätere poröse Siliziumschicht 104 bildet (nicht dargestellt).

15 Für einen Differenzdrucksensor ist es wünschenswert, wenn der Druck von der Rückseite der Membran des Differenzdrucksensors zugeführt werden kann. Um aus dem in Fig. 20 im Querschnitt dargestellten Absolutdrucksensor 2000 einen Differenzdrucksensor 2100 (vgl. Fig. 21) oder einen Differenzdrucksensor 2200 (vgl. Fig. 22)
20 herzustellen, ist es notwendig eine Öffnung 2101 bzw. eine Öffnung 2201 von der Unterseite des Siliziumsubstrats 101 zum Hohlraum bzw. zur Kaverne 201 zu schaffen.

Erfindungsgemäß wird die Öffnung 2101 bzw. 2201 bevorzugt durch
25 Trockenätzen, wie insbesondere durch Trenchätzen bzw. Plasmaätzen, erzeugt (vgl. die vorstehenden Ausführungen zur Erzeugung von Öffnungen durch Trockenätzen). Da ein solcher Ätzprozeß auf Oxidschichten stoppt, ist bei der in Fig. 21 dargestellten Ausführungsform eines Differenzdrucksensors 2100 erfindungsgemäß
30 vorgesehen, den Hohlraum bzw. die Kaverne 201 mit einer Oxidschicht zu versehen. Dies wird erreicht, wenn der Hohlraum bzw. die Kaverne 201 durch Oxidation der porösen Siliziumschicht 104 verschlossen wird. Bevorzugt wird auf der oxidierten porösen Siliziumschicht bzw. Membran 104 eine Siliziumschicht abgeschieden, auf oder in der die
35 piezoresistiven Widerstände 2002, insbesondere durch geeignete Dotierung der Siliziumschicht, erzeugt werden. Nachfolgend wird von der Rückseite des Siliziumsubstrats bzw. Wafers 101 im Membranbereich eine Druckzuführung in Form der Öffnung 2101 hergestellt, vorzugsweise mittels eines Trenchätzprozesses. Ein

solcher Ätzprozeß stoppt auf der vorzugsweise dünnen Oxidschicht, die den Hohlraum bzw. die Kaverne 201 von unten begrenzt. Durch einen nachfolgenden, geeigneten Trockenätzschritt oder durch einen naßchemischen Ätzschritt kann die Oxidschicht ggf. von der Rückseite
5 des Substrats bzw. Wafers 101 entfernt werden. Bei diesem Schritt wird der Hohlraum bzw. die Kaverne 201 geöffnet.

Bevorzugt ist der Ätzschritt dergestalt, daß sämtliches Oxid aus dem Hohlraum bzw. aus der Kaverne 201 herausgeätzt und somit die
10 oxidierte, poröse Siliziumschicht 104 entfernt wird. Hieran ist von Vorteil, daß die Membrandicke des Differenzdrucksensors 2100 dann nur noch durch die auf der oxidierten, porösen Siliziumschicht 104 abgeschiedene Verschlussschicht 2001 bestimmt wird. Die Schichtdicke der Verschlussschicht 2001 kann in vorteilhafter Weise sehr genau und
15 reproduzierbar eingestellt werden, was die Herstellung von Differenzdrucksensoren mit reproduzierbaren Eigenschaften deutlich erleichtert.

Fig. 22 zeigt eine zweite Variante eines Differenzdrucksensors, der auf der Basis des in Fig. 20 dargestellten Absolutdrucksensors 2000
20 hergestellt worden ist, im Querschnitt, wobei im Unterschied zu der in Fig. 20 dargestellten Vorstufe zwischen der Oberseite der Silizium-Epitaxieschicht 401 und der Verschlussschicht 2001 zusätzlich eine Oxidschicht 2202 vorgesehen ist. In analoger Weise
25 wie bei Fig. 21 wird eine Öffnung 2201, vorzugsweise durch Trenchätzen, erzeugt. Der Ätzprozeß stoppt dabei auf der Oxidschicht 2202 und die Druckzuführung zum Hohlraum bzw. zur Kaverne 201 wird geschaffen.

Für den Fall, daß die Verschlussschicht 2001 durch eine Oxidschicht gebildet ist, kann ggf. auf eine zusätzliche Oxidschicht 2202
30 verzichtet werden. Dies gilt insbesondere, wenn die Stabilität der Verschlussschicht 2001, die als Membran des Differenzdrucksensors dient, ausreichend ist.

35

Patentansprüche

- 5 1. Verfahren zur Herstellung eines Halbleiterbauelements (100;
...; 2200), insbesondere ein mehrschichtiges
Halbleiterbauelement, vorzugsweise ein mikromechanisches
Bauelement, wie insbesondere ein Drucksensor, das ein
Halbleitersubstrat (101) aufweist, wie insbesondere aus
10 Silizium,

dadurch gekennzeichnet,

daß in einem ersten Schritt eine erste poröse Schicht (104;
15 1001; 1301) in dem Halbleiterbauelement gebildet wird; und

daß in einem zweiten Schritt ein Hohlraum bzw. eine Kaverne
(201; 1101; 1201; 1401; 2101; 2201) unter oder aus der ersten
porösen Schicht (104; 1001; 1301) in dem Halbleiterbauelement
20 gebildet wird, wobei der Hohlraum bzw. die Kaverne mit einer
externen Zugangsöffnung versehen sein kann.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
25 daß der zweite Schritt einen ersten Unterschritt aufweist,
während dem unter der ersten porösen Schicht (104) eine zweite
poröse Schicht (105) mit einer Porosität von mehr als ca. 70 %
und weniger als 100 %, vorzugsweise ca. 85 bis 95 %, gebildet
wird.
30
3. Verfahren nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Hohlraum bzw. die Kaverne (201) durch einen
Temperschnitt aus der zweiten porösen Schicht gebildet wird.
35
4. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß in einem ersten Unterschritt des zweiten Schritts eine
Zugangsöffnung bzw. ein einseitig offener Hohlraum (1101;

- 1201; 1401) in Richtung auf die erste poröse Schicht (1001; 1301) und/oder auf eine zweite poröse Schicht gebildet wird, wobei die erste und/oder zweite poröse Schicht ganz oder teilweise bevorzugt über die Zugangsöffnung bzw. den einseitig offenen Hohlraum entfernt wird.
- 5
5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Schritt einen ersten Unterschritt aufweist, während dem unter der ersten porösen Schicht (104) ein zunächst flächenhafter Hohlraum gebildet wird, und sich der zunächst flächenhafte Hohlraum in die Tiefe ausdehnt und so aus dem zunächst flächenhaften Hohlraum der Hohlraum bzw. die Kaverne (201) entsteht.
- 10
- 15
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die erste und/oder zweite poröse Schicht (104, 105) durch ein oder mehrere Ätzmedien gebildet wird bzw. gebildet werden, wobei das Ätzmedium und/oder die Ätzmedien vorzugsweise Flußsäure, HF-Säure, aufweisen oder aus Flußsäure bestehen.
- 20
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Ätzmedium bzw. die Ätzmedien mit einem oder mehreren Zusätzen versehen ist bzw. sind, wie Zusätzen zur Verringerung der Blasenbildung, zur Verbesserung der Benetzung und/oder zur Verbesserung der Trocknung, wie insbesondere ein Alkohol, wie beispielsweise Äthanol, wobei die Volumenkonzentration des Zusatzes, wie insbesondere Äthanol, bei Äthanol vorzugsweise ca. 60 % bis ca. 100 % , beträgt.
- 25
- 30
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die erste und/oder zweite poröse Schicht (104, 105) unter Anlegen eines elektrischen Feldes zwischen der Oberseite und der Unterseite des Halbleiterbauelements (100; ...; 2200) und der Einstellung eines elektrischen Stroms gebildet wird.
- 35

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Verfahrensparameter zur Bildung der zweiten porösen
Schicht (105) bzw. zur Bildung des zunächst flächenhaften
Hohlraums derart gewählt werden, daß die
Ausdehnungsgeschwindigkeit der Poren bzw. Hohlräume in der
zweiten porösen Schicht deutlich höher ist als die
Ausdehnungsgeschwindigkeit der Poren bzw. Hohlräume zur
Bildung der ersten porösen Schicht (104).
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 9,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Verfahrensparameter zur Bildung des zunächst
flächenhaften Hohlraums derart gewählt werden, daß die Poren
bzw. Hohlräume der zweiten porösen Schicht (105) einander in
lateralen Richtung "überlappen" und so eine einzige zunächst
flächenhafte Pore bzw. ein einziger zunächst flächenhafter
Hohlraum gebildet wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 10,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Dotierung des zu ätzenden Halbleitersubstrats (101),
wie insbesondere ein Siliziumsubstrat, die Stromdichte in dem
Ätzmedium bzw. in den Ätzmedien, die Flußsäure-Konzentration
in dem Ätzmedium bzw. in den Ätzmedien, ein oder mehrere
Zusätze zum Ätzmedium bzw. zu den Ätzmedien und die Temperatur
Verfahrensparameter darstellen.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
dadurch gekennzeichnet,
daß in der Kaverne bzw. im Hohlraum (201) eingeschlossener
Wasserstoff im Rahmen eines Hochtemperaturschritts aus der
Kaverne bzw. dem Hohlraum weitgehend ganz oder teilweise
entfernt wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12,
dadurch gekennzeichnet,

daß auf der ersten porösen Schicht (104) eine Epitaxieschicht (301; 401), wie beispielsweise eine Siliziumschicht, abgeschieden wird, die vorzugsweise monokristallin ist.

- 5 14. Halbleiterbauelement (100; ...; 2200), insbesondere ein
mehrschichtiges Halbleiterbauelement, vorzugsweise ein
mikromechanisches Bauelement, wie insbesondere ein
Drucksensor, mit einem Halbleitersubstrat (101), wie
insbesondere aus Silizium, und einem Hohlraum bzw. einer
10 Kaverne (201; 1101; 1201; 1401; 2101; 2201), wobei der
Hohlraum bzw. die Kaverne mit einer externen Zugangsöffnung
versehen sein kann,
gekennzeichnet durch
eine poröse Schicht (104; 1001; 1301) oberhalb des Hohlraums
15 bzw. der Kaverne.
15. Halbleiterbauelement (100; ...; 2200), insbesondere ein
mehrschichtiges Halbleiterbauelement, vorzugsweise ein
mikromechanisches Bauelement, wie insbesondere ein
20 Drucksensor, mit einem Halbleitersubstrat (101), wie
insbesondere aus Silizium,
dadurch gekennzeichnet,
daß es mit einem Verfahren nach einem oder mehreren der
Ansprüche 1 bis 13 hergestellt worden ist.

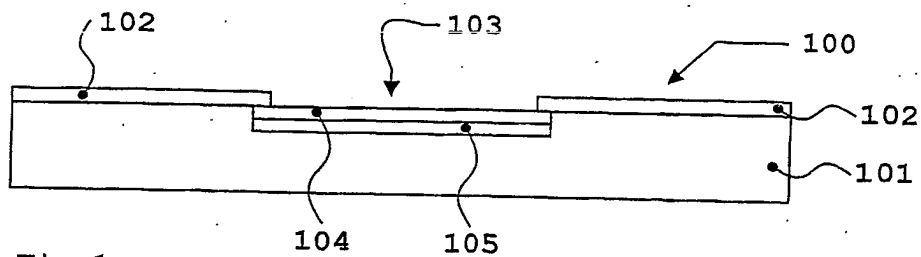


Fig. 1

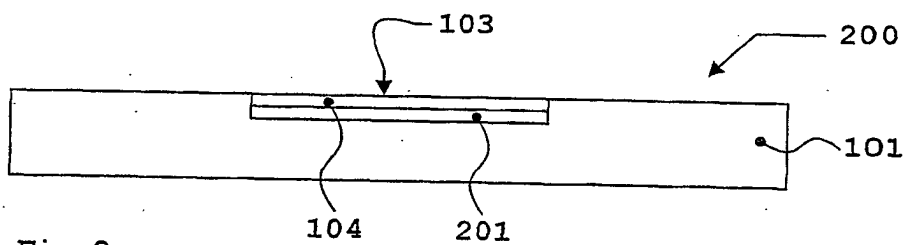


Fig. 2

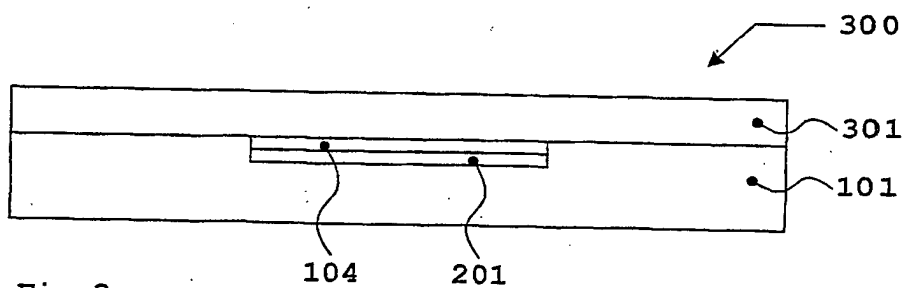


Fig. 3

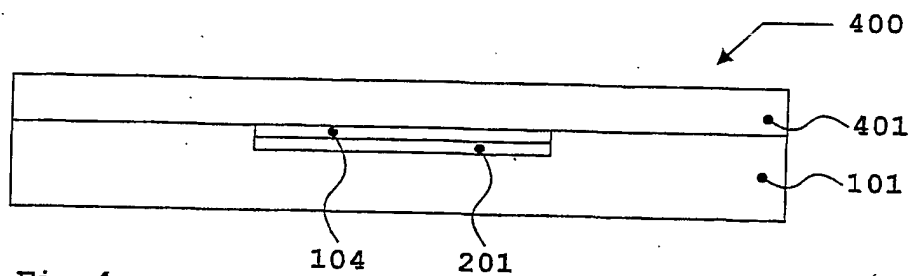


Fig. 4

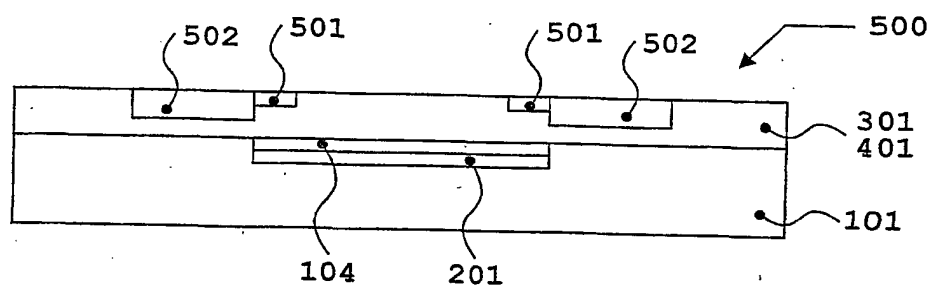


Fig. 5

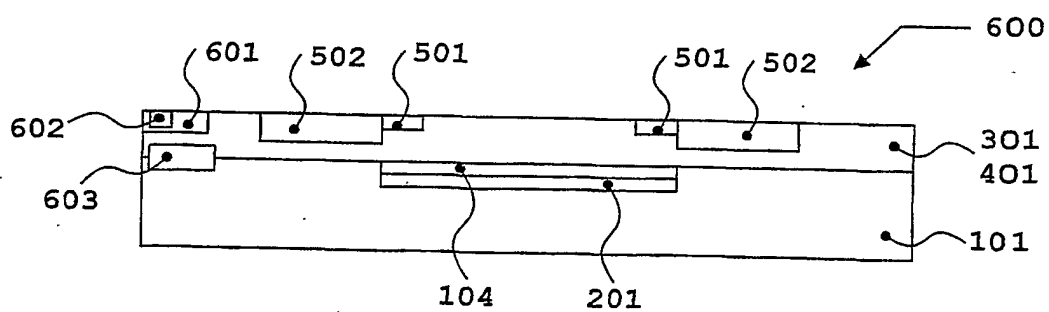


Fig. 6

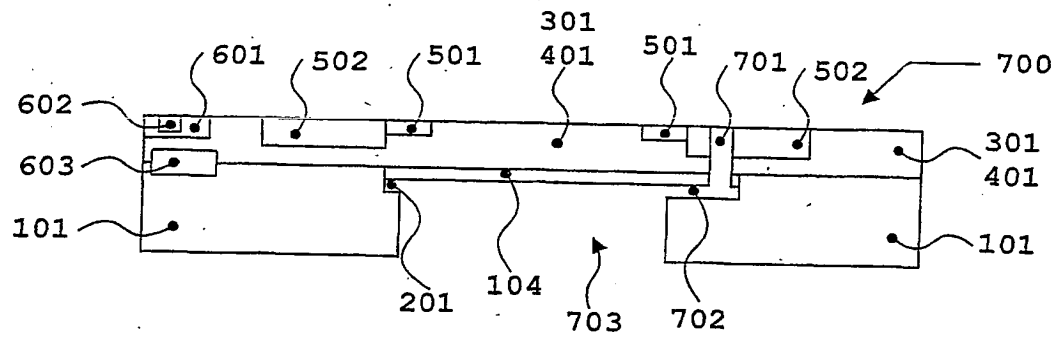


Fig. 7

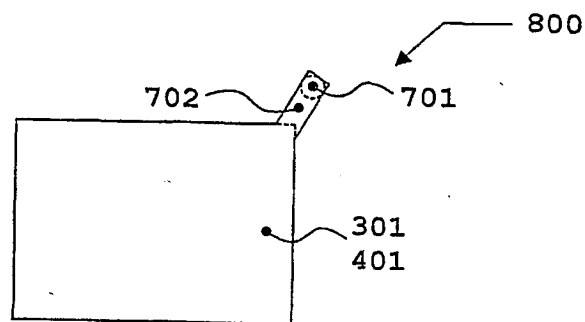


Fig. 8

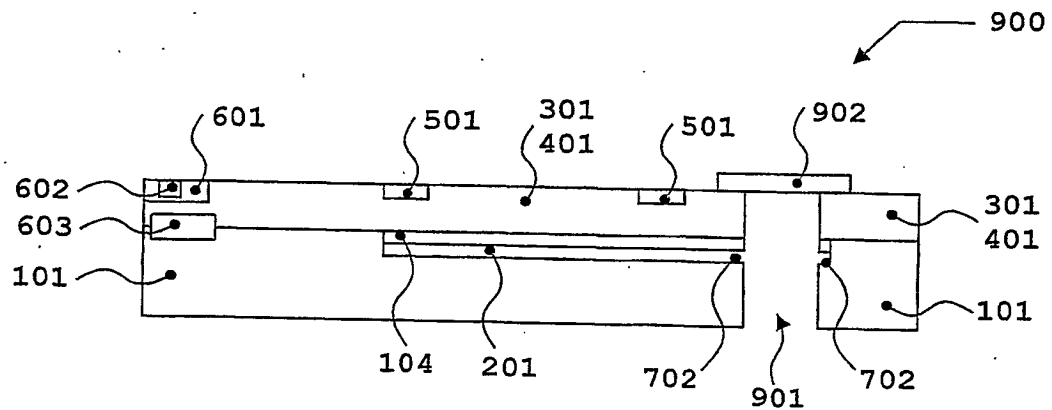


Fig. 9

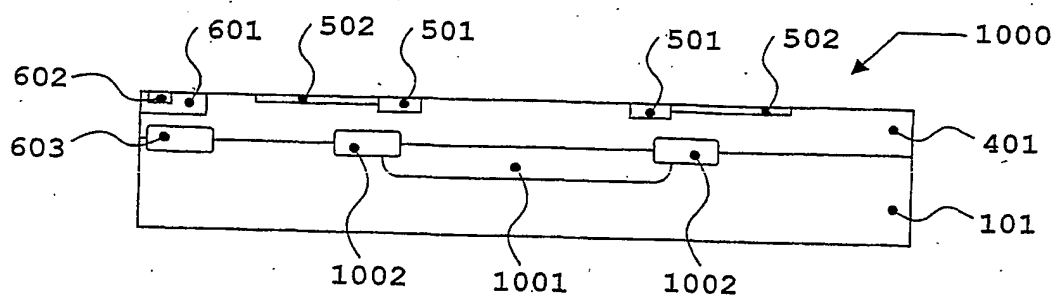


Fig. 10

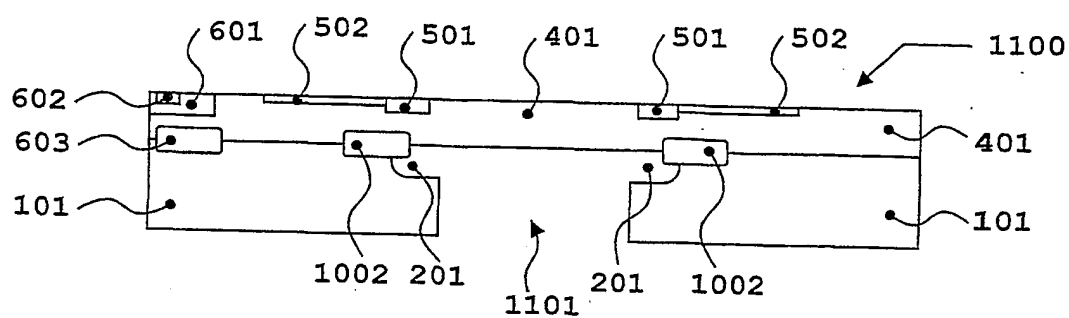


Fig. 11

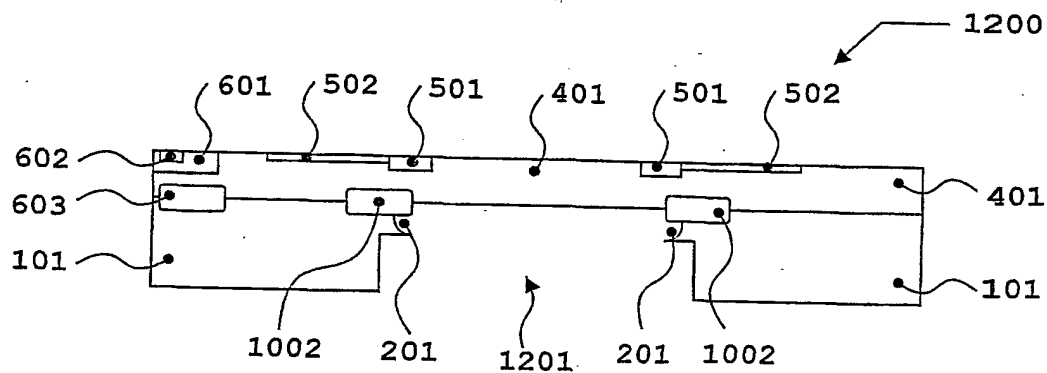


Fig. 12

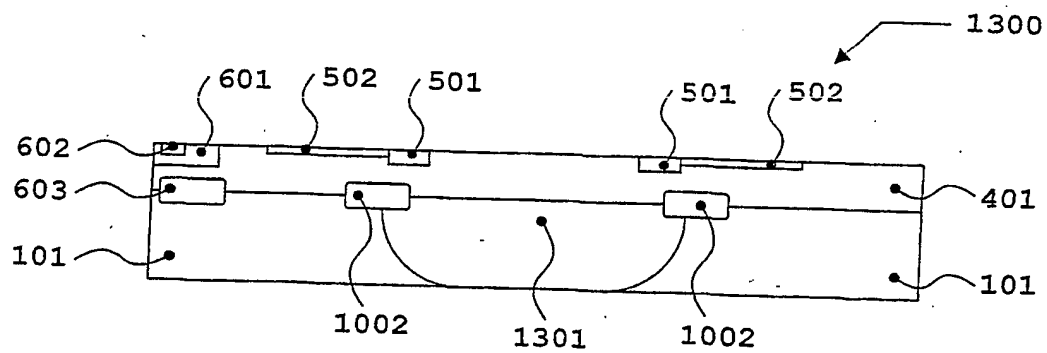


Fig. 13

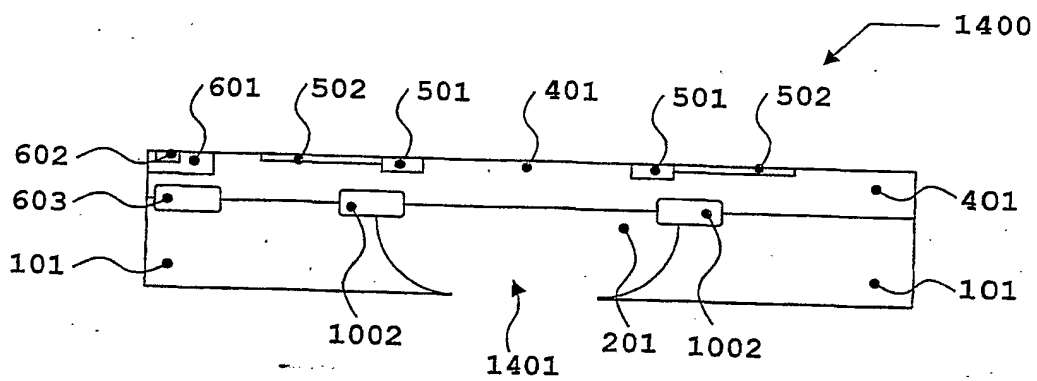


Fig. 14

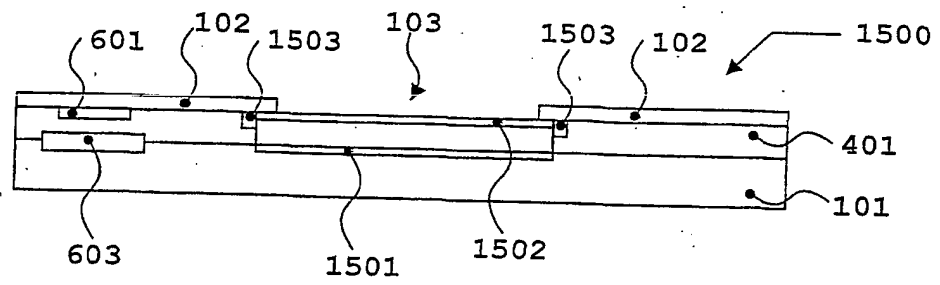


Fig. 15

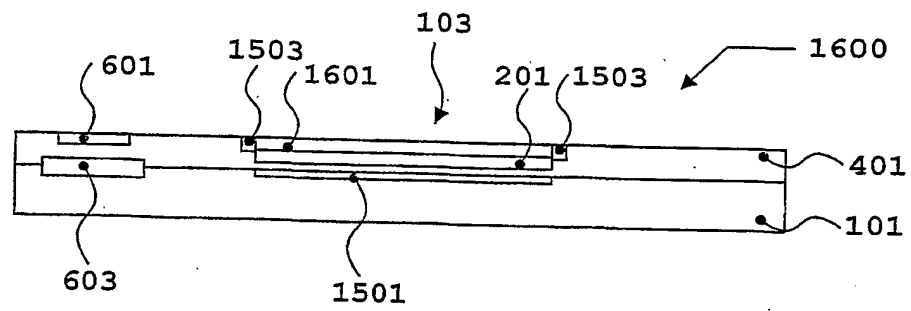


Fig. 16

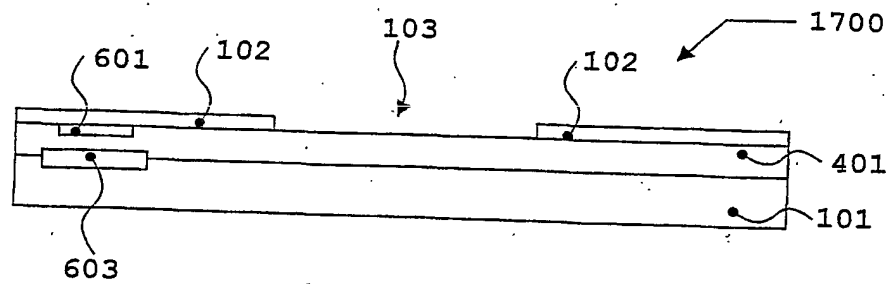


Fig. 17

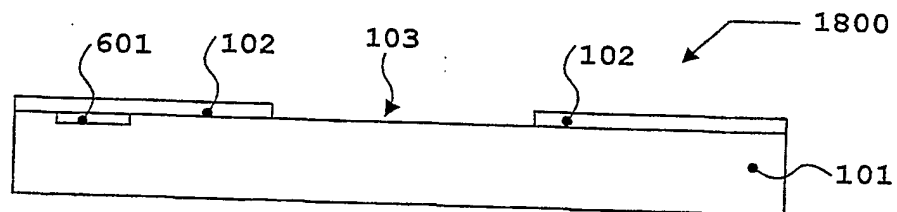


Fig. 18

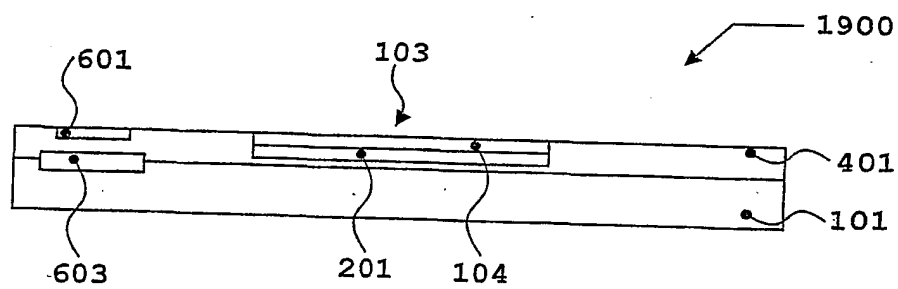


Fig. 19



8/8

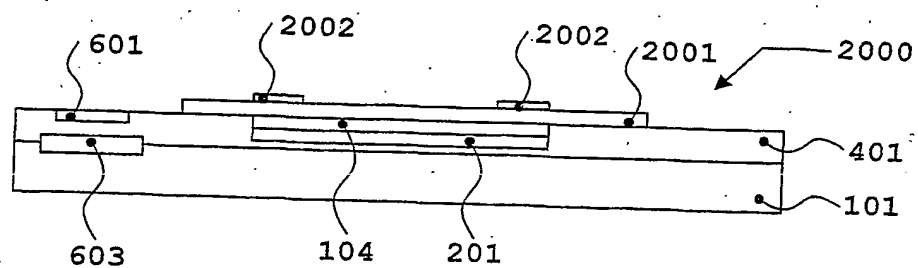


Fig. 20

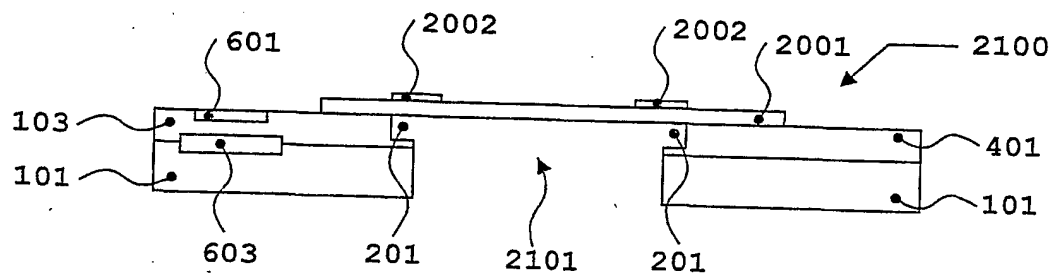


Fig. 21

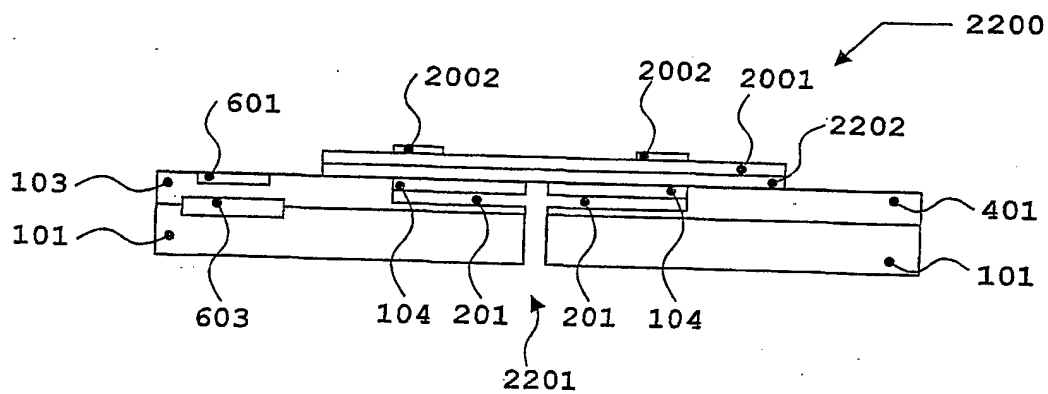


Fig. 22

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 01/01516

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 B81B3/00 B81C1/00 G01L9/00 H01L21/306

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B81B B81C G01L H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 98 53351 A (CHARLTON ET AL) 26 November 1998 (1998-11-26) figures	14
X	EP 0 867 921 A (CANON) 30 September 1998 (1998-09-30) abstract	1-3,5-15
X	RINKE T J ET AL: "QUASI-MONOCRYSTALLINE SILICON FOR THIN-FILM DEVICES" APPLIED PHYSICS A: MATERIALS SCIENCE AND PROCESSING, SPRINGER VERLAG, BERLIN, DE, vol. A68, June 1999 (1999-06), pages 705-707, XP000937408 ISSN: 0947-8396 figure 2	1-15

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

G document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

8 October 2001

Date of mailing of the international search report

16/10/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Gori, P

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 01/01516

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 725 785 A (ISHIDA ET AL) 10 March 1998 (1998-03-10) abstract	1-15
P,X	EP 1 079 431 A (BOSCH) 28 February 2001 (2001-02-28) column 6, line 6 -column 7, line 45	1-4,6-9, 11-15

ADDITIONAL MATTER PCT/ISA/210

Continuation of box I.2

The patent claims lack clarity under the terms of PCT Article 6:

1. By use of the terms "in particular", "preferably", "or", "and/or" and "respectively" the claims comprise a large number of possible choices or permutations.
2. The use of multiply dependent claims, which refer to other multiple claims, leads to an additional unclarity (see also PCT Rule 6.4), as the corresponding support in the description is missing for many possibilities.
3. The patent claims also lack the clarity required in PCT Article 6 as an attempt is made to define the method in terms of the desired result.

This absence of clarity is such that it makes it impossible to conduct a meaningful search with respect to the entire scope for which protection is sought.

For this reason, the search was directed at those sections of the patent claims which can be regarded as clear (and/or concisely drafted), namely

Claim 1, whereby the first step contains the production of two porous layers with differing porosities in the semiconductor substrate and a cavity is formed from a porous layer, by means of a tempering step.

The applicant is reminded that claims, or parts of claims relating to inventions in respect of which no international search report has been established need not be the subject of an international preliminary examination (Rule 66.1(e) PCT). EPO policy, when acting as an International Preliminary Examining Authority, is normally not to carry out a preliminary examination on matter which has not been searched. This is the case, irrespective of whether or not the claims are amended following receipt of the search report (Article 19 PCT) or during any Chapter II procedure whereby the applicant provides new claims.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 01/01516

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9853351	A	26-11-1998	AU 7442798 A EP 0981771 A2 WO 9853351 A2	11-12-1998 01-03-2000 26-11-1998
EP 867921	A	30-09-1998	AU 5952298 A CA 2233096 A1 EP 0867921 A2 JP 10326883 A KR 265539 B1 SG 63832 A1 US 6221738 B1	01-10-1998 26-09-1998 30-09-1998 08-12-1998 15-09-2000 30-03-1999 24-04-2001
US 5725785	A	10-03-1998	JP 8236784 A	13-09-1996
EP 1079431	A	28-02-2001	DE 19940512 A1 EP 1079431 A2	22-03-2001 28-02-2001

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 01/01516

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES IPK 7 B81B3/00 B81C1/00 G01L9/00 H01L21/306		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 7 B81B B81C G01L H01L		
Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, PAJ, WPI Data, INSPEC		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 98 53351 A (CHARLTON ET AL) 26. November 1998 (1998-11-26) Abbildungen ---	14
X	EP 0 867 921 A (CANON) 30. September 1998 (1998-09-30) Zusammenfassung ---	1-3,5-15
X	RINKE T J ET AL: "QUASI-MONOCRYSTALLINE SILICON FOR THIN-FILM DEVICES" APPLIED PHYSICS A: MATERIALS SCIENCE AND PROCESSING, SPRINGER VERLAG, BERLIN, DE, Bd. A68, Juni 1999 (1999-06), Seiten 705-707, XP000937408 ISSN: 0947-8396 Abbildung 2 ---	1-15
-/-		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie </div>		
<div style="display: flex;"> <div style="width: 50%;"> <p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</p> <p>*A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>*E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>*L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</p> <p>*O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>*P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p>*T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist</p> <p>*X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>*Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</p> <p>*Z* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p> </div> </div>		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
8. Oktober 2001		16/10/2001
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter <div style="text-align: center; padding-top: 10px;">Gori, P</div>

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 725 785 A (ISHIDA ET AL) 10. März 1998 (1998-03-10) Zusammenfassung -----	1-15
P,X	EP 1 079 431 A (BOSCH) 28. Februar 2001 (2001-02-28) Spalte 6, Zeile 6 -Spalte 7, Zeile 45 -----	1-4,6-9, 11-15

WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

Fortsetzung von Feld I.2

Die Patentansprüche sind unklar im Sinne des Art. 6 PCT :

1. Durch die Begriffe "insbesondere", "vorzugsweise", "oder", "und/oder", "bzw" umfassen die Ansprüche eine grosse Zahl möglicher Wahlmöglichkeiten und/oder Permutationen.
2. Die Verwendung von mehrfach abhängigen Ansprüchen, die auf andere mehrfach Ansprüche verweisen, führt zu einer zusätzlichen Unklarheit (siehe auch Regel 6.4 PCT), weil vielen Möglichkeiten die entsprechende Stütze durch die Beschreibung fehlen.
3. Den Patentansprüchen fehlt auch die in Art. 6 PCT geforderte Klarheit, da versucht wird, das Verfahren über das jeweils erstrebte Ergebnis zu definieren.

Dieser Mangel an Klarheit ist dergestalt, daß er eine sinnvolle Recherche über den gesamten erstrebten Schutzbereich unmöglich macht.

Daher wurde die Recherche auf die Teile der Patentansprüche gerichtet, die als klar (und/oder knapp gefaßt) gelten können, nämlich

Anspruch 1, wobei der erste Schritt die Herstellung von zwei porösen Schichten mit verschiedenen Porositäten in dem Halbleitersubstrat enthält, und wobei eine Kaverne durch einen Temperschnitt aus einer porösen Schicht gebildet wird.

Der Anmelder wird darauf hingewiesen, daß Patentansprüche, oder Teile von Patentansprüchen, auf Erfindungen, für die kein internationaler Recherchenbericht erstellt wurde, normalerweise nicht Gegenstand einer internationalen vorläufigen Prüfung sein können (Regel 66.1(e) PCT). In seiner Eigenschaft als mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragte Behörde wird das EPA also in der Regel keine vorläufige Prüfung für Gegenstände durchführen, zu denen keine Recherche vorliegt. Dies gilt auch für den Fall, daß die Patentansprüche nach Erhalt des internationalen Recherchenberichtes geändert wurden (Art. 19 PCT), oder für den Fall, daß der Anmelder im Zuge des Verfahrens gemäß Kapitel II PCT neue Patentansprüche vorlegt.

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 01/01516

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 9853351	A	26-11-1998	AU 7442798 A 11-12-1998
		EP 0981771 A2 01-03-2000	
		WO 9853351 A2 26-11-1998	
EP 867921	A	30-09-1998	AU 5952298 A 01-10-1998
		CA 2233096 A1 26-09-1998	
		EP 0867921 A2 30-09-1998	
		JP 10326883 A 08-12-1998	
		KR 265539 B1 15-09-2000	
		SG 63832 A1 30-03-1999	
		US 6221738 B1 24-04-2001	
US 5725785	A	10-03-1998	JP 8236784 A 13-09-1996
EP 1079431	A	28-02-2001	DE 19940512 A1 22-03-2001
		EP 1079431 A2 28-02-2001	

PCT

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

(Artikel 18 sowie Regeln 43 und 44 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts R. 38324 Bb/Kat	WEITERES VORGEHEN siehe Mitteilung über die Übermittlung des internationalen Recherchenberichts (Formblatt PCT/ISA/220) sowie, soweit zutreffend, nachstehender Punkt 5	
Internationales Aktenzeichen PCT/DE 01/01516	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 20/04/2001	(Frühestes) Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) 05/07/2000
Anmelder ROBERT BOSCH GMBH et al.		

Dieser internationale Recherchenbericht wurde von der Internationalen Recherchenbehörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 18 übermittelt. Eine Kopie wird dem Internationalen Büro übermittelt.

Dieser internationale Recherchenbericht umfaßt insgesamt 5 Blätter.

☒ Darüber hinaus liegt ihm jeweils eine Kopie der in diesem Bericht genannten Unterlagen zum Stand der Technik bei.

1. Grundlage des Berichts

a. Hinsichtlich der **Sprache** ist die internationale Recherche auf der Grundlage der internationalen Anmeldung in der Sprache durchgeführt worden, in der sie eingereicht wurde, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

☐ Die internationale Recherche ist auf der Grundlage einer bei der Behörde eingereichten Übersetzung der internationalen Anmeldung (Regel 23.1 b)) durchgeführt worden.

b. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale Recherche auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das

☐ in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.

☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.

☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfaßten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

2. ☒ **Bestimmte Ansprüche haben sich als nicht recherchierbar erwiesen** (siehe Feld I).

3. ☐ **Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung** (siehe Feld II).

4. Hinsichtlich der Bezeichnung der Erfindung

☒ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☐ wurde der Wortlaut von der Behörde wie folgt festgesetzt:

5. Hinsichtlich der Zusammenfassung

☒ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☐ wurde der Wortlaut nach Regel 38.2b) in der in Feld III angegebenen Fassung von der Behörde festgesetzt. Der Anmelder kann der Behörde innerhalb eines Monats nach dem Datum der Absendung dieses internationalen Recherchenberichts eine Stellungnahme vorlegen.

6. Folgende Abbildung der **Zeichnungen** ist mit der Zusammenfassung zu veröffentlichen: Abb. Nr. 1

☒ wie vom Anmelder vorgeschlagen

☐ keine der Abb.

☐ weil der Anmelder selbst keine Abbildung vorgeschlagen hat.

☐ weil diese Abbildung die Erfindung besser kennzeichnet.



Feld I Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein Recherchenbericht erstellt:

1. ☐ Ansprüche Nr. _____
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche die Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich

2. ☒ Ansprüche Nr. _____
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen
daß eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich
siehe Zusatzblatt WEITERE ANGABEN PCT/ISA/210

3. ☐ Ansprüche Nr. _____
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefaßt sind.

Feld II Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, daß diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

1. ☐ Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.

2. ☐ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der eine zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung einer solchen Gebühr aufgefordert.

3. ☐ Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr. _____

4. ☐ Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Der internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfaßt: _____

Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

- ☐ Die zusätzlichen Gebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt.
- ☐ Die Zahlung zusätzlicher Recherchegebühren erfolgte ohne Widerspruch.

International Application PCT/DE01/01516

FURTHER INFORMATION

PCT/ISA/ 210

Field I.2 continued

The patent claims are unclear as defined in Article 6 PCT:

1. With the terms "in particular", "preferably", "or", "and/or", and "respectively", the claims include a large number of possible selections and/or permutations.
2. The use of multiple dependent claims which refer to other multiple claims results in additional unclarity (see also Rule 6.4 PCT), because many possibilities lack the corresponding support from the description.
3. The patent claims also lack the clarity required in Article 6 PCT, since an attempt is made to define the method via the respective result sought.

This lack of clarity is such that it makes a meaningful search over the entire range of protection sought impossible.

Therefore, the search was directed toward the parts of the patent claims which may be considered clear (and/or succinctly worded), namely

Claim 1, wherein the first step contains the production of two porous layers having different porosities in the semiconductor substrate, and wherein a cavity is produced from a porous layer by an annealing step.

The applicant should note that patent claims, or parts of patent claims, for inventions for which an international search report was not drawn up may not normally be objects of an international preliminary examination (Rule 66.1 (e) PCT). In its capacity as the authority commissioned with the international preliminary examination, the EPO will therefore not, as a rule, perform a preliminary examination for objects



for which no search exists. This also applies if the patent claims were changed after receiving the international search report (Article 19 PCT), or if the applicant files new patent claims in the course of the proceedings pursuant to Chapter II PCT.

EL244509662US

PCT
ANTRAG

Der Unterzeichnete beantragt, daß die vorliegende internationale Anmeldung nach dem Vertrag über die internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet des Patentwesens behandelt wird

10/070286
Vom Anmeldeamt auszufüllen

Internationales Aktenzeichen

Internationales Anmeldedatum

Name des Anmeldeamts und "PCT International Application"

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts (falls gewünscht)
(max. 12 Zeichen) R. 38324 Bb/Kat

Feld Nr. I BEZEICHNUNG DER ERFINDUNG

Verfahren zur Herstellung eines Halbleiter-Bauelements sowie ein nach dem Verfahren hergestelltes Halbleiter-Bauelement

Feld Nr. II ANMELDER

Name und Anschrift (Familienname, Vorname; bei juristischen Personen vollständige amtliche Bezeichnung. Bei der Anschrift sind die Postleitzahl und der Name des Staats anzugeben. Der in diesem Feld in der Anschrift angegebene Staat ist der Staat des Sitzes oder Wohnsitzes des Anmelders, sofern nachstehend kein Staat des Sitzes oder Wohnsitzes angegeben ist.)

ROBERT BOSCH GMBH
Postfach 30 02 20
70442 Stuttgart
Bundesrepublik Deutschland (DE)

☐ Diese Person ist gleichzeitig Erfinder

Telefonnr.:
0711/811-33142

Telefaxnr.:
0711/811-331 81

Fernschreibnr:

Staatsangehörigkeit (Staat): DE

Sitz oder Wohnsitz (Staat): DE

Diese Person ist Anmelder ☐ alle Bestimmungsstaaten ☒ alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme der Vereinigten Staaten ☐ nur die Vereinigten Staaten von Amerika ☐ die im Zusatzfeld angegebenen Staaten

Feld Nr. III WEITERE ANMELDER UND/ODER (WEITERE) ERFINDER

Name und Anschrift (Familienname, Vorname; bei juristischen Personen vollständige amtliche Bezeichnung. Bei der Anschrift sind die Postleitzahl und der Name des Staats anzugeben. Der in diesem Feld in der Anschrift angegebene Staat ist der Staat des Sitzes oder Wohnsitzes des Anmelders, sofern nachstehend kein Staat des Sitzes oder Wohnsitzes angegeben ist.)

BENZEL, Hubert
Stellenaeckerstraße 3
72124 Pliezhausen
DE

Diese Person ist
☐ nur Anmelder

☒ Anmelder und Erfinder

☐ nur Erfinder (Wird dieses Kästchen angekreuzt, so sind die nachstehenden Angaben nicht nötig.)

Staatsangehörigkeit (Staat): DE

Sitz oder Wohnsitz (Staat): DE

Diese Person ist Anmelder ☐ alle Bestimmungsstaaten ☐ alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme der Vereinigten Staaten ☒ nur die Vereinigten Staaten von Amerika ☐ die im Zusatzfeld angegebenen Staaten

☒ Weitere Anmelder und/oder (weitere) Erfinder sind auf einem Fortsetzungsblatt angegeben.

Feld Nr. IV ANWALT ODER GEMEINSAMER VERTRETER; ZUSTELLANSCHRIFT

Die folgende Person wird hiermit bestellt/ist bestellt worden, um für den (die) Anmelder vor den zuständigen internationalen Behörden in folgender Eigenschaft zu handeln als: ☐ Anwalt ☐ gemeinsamer Vertreter

Name und Anschrift (Familienname, Vorname; bei juristischen Personen vollständige amtliche Bezeichnung. Bei der Anschrift sind die Postleitzahl und der Name des Staats anzugeben)

Telefonnr.:

Telefaxnr.:

Fernschreibnr:

☐ Dieses Kästchen ist anzukreuzen, wenn kein Anwalt oder gemeinsamer Vertreter bestellt ist und statt dessen im obigen Feld eine spezielle Zustellanschrift angegeben ist.

Fortsetzung von Feld Nr. II] WEITERE ANMELDER UND/ODER (WEITERE) ERFINDER

Wird keines der folgenden Felder benutzt, so ist dieses Blatt dem Antrag nicht beizufügen.

Name und Anschrift (Familiennamen, Vorname; bei juristischen Personen vollständige amtliche Bezeichnung. Bei der Anschrift sind die Postleitzahl und der Name des Staats anzugeben. Der in diesem Feld in der Anschrift angegebene Staat ist der Staat des Sitzes oder Wohnsitzes des Anmelders, sofern nachstehend kein Staat des Sitzes oder Wohnsitzes angegeben ist.)

WEBER, Heribert
Im Hoefle 28
72622 Nuertingen
DE

Diese Person ist

☐ nur Anmelder☒ Anmelder und Erfinder☐ nur Erfinder (Wird dieses Kästchen angekreuzt, so sind die nachstehenden Angaben nicht nötig.)

Staatsangehörigkeit (Staat): DE

Sitz oder Wohnsitz (Staat): DE

Diese Person ist Anmelder für folgende Staaten: ☐ alle Bestimmungsstaaten ☐ alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme der Vereinigten Staaten ☒ nur die Vereinigten Staaten von Amerika ☐ die im Zusatzfeld angegebenen Staaten

Name und Anschrift (Familiennamen, Vorname; bei juristischen Personen vollständige amtliche Bezeichnung. Bei der Anschrift sind die Postleitzahl und der Name des Staats anzugeben. Der in diesem Feld in der Anschrift angegebene Staat ist der Staat des Sitzes oder Wohnsitzes des Anmelders, sofern nachstehend kein Staat des Sitzes oder Wohnsitzes angegeben ist.)

ARTMANN, Hans
Liebenzeller Weg 2/1
71106 Magstadt
DE

Diese Person ist

☐ nur Anmelder☒ Anmelder und Erfinder☐ nur Erfinder (Wird dieses Kästchen angekreuzt, so sind die nachstehenden Angaben nicht nötig.)

Staatsangehörigkeit (Staat): DE

Sitz oder Wohnsitz (Staat): DE

Diese Person ist Anmelder für folgende Staaten: ☐ alle Bestimmungsstaaten ☐ alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme der Vereinigten Staaten ☒ nur die Vereinigten Staaten von Amerika ☐ die im Zusatzfeld angegebenen Staaten

Name und Anschrift (Familiennamen, Vorname; bei juristischen Personen vollständige amtliche Bezeichnung. Bei der Anschrift sind die Postleitzahl und der Name des Staats anzugeben. Der in diesem Feld in der Anschrift angegebene Staat ist der Staat des Sitzes oder Wohnsitzes des Anmelders, sofern nachstehend kein Staat des Sitzes oder Wohnsitzes angegeben ist.)

SCHAEFER, Frank
Hasenbuehlsteige 1/3
72070 Tuebingen
DE

Diese Person ist

☐ nur Anmelder☒ Anmelder und Erfinder☐ nur Erfinder (Wird dieses Kästchen angekreuzt, so sind die nachstehenden Angaben nicht nötig.)

Staatsangehörigkeit (Staat): DE

Sitz oder Wohnsitz (Staat): DE

Diese Person ist Anmelder für folgende Staaten: ☐ alle Bestimmungsstaaten ☐ alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme der Vereinigten Staaten ☒ nur die Vereinigten Staaten von Amerika ☐ die im Zusatzfeld angegebenen Staaten

Name und Anschrift (Familiennamen, Vorname; bei juristischen Personen vollständige amtliche Bezeichnung. Bei der Anschrift sind die Postleitzahl und der Name des Staats anzugeben. Der in diesem Feld in der Anschrift angegebene Staat ist der Staat des Sitzes oder Wohnsitzes des Anmelders, sofern nachstehend kein Staat des Sitzes oder Wohnsitzes angegeben ist.)

Diese Person ist

☐ nur Anmelder☐ Anmelder und Erfinder☐ nur Erfinder (Wird dieses Kästchen angekreuzt, so sind die nachstehenden Angaben nicht nötig.)

Staatsangehörigkeit (Staat):

Sitz oder Wohnsitz (Staat):

Diese Person ist Anmelder für folgende Staaten: ☐ alle Bestimmungsstaaten ☐ alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme der Vereinigten Staaten ☐ nur die Vereinigten Staaten von Amerika ☐ die im Zusatzfeld angegebenen Staaten

☐ Weitere Anmelder und/oder (weitere) Erfinder sind auf einem Fortsetzungsblatt angegeben.

Feld Nr. V BESTIMMUNG VON STAATEN

Die folgenden Bestimmungen nach Regel 4.9 Absatz a werden hiermit vorgenommen:

Regionales Patent

- ☐ **AP ARIPO-Patent:** GH Ghana, GM Gambia, KE Kenia, LS Lesotho, MW Malawi, SD Sudan, SL Sierra Leone, SZ Swasiland, UG Uganda, ZW Simbabwe und jeder weitere Staat, der Vertragsstaat des Harare-Protokolls und des PCT ist
- ☐ **EA Eurasisches Patent:** AM Armenien, AZ Aserbaidschan, BY Belarus, KG Kirgisistan, KZ Kasachstan, MD Republik Moldau, RU Russische Föderation, TJ Tadschikistan, TM Turkmenistan und jeder weitere Staat, der Vertragsstaat des Eurasischen Patentübereinkommens und des PCT ist
- ☒ **EP Europäisches Patent:** AT Österreich, BE Belgien, CH und LI Schweiz und Liechtenstein, CY Zypern, DE Deutschland, DK Dänemark, ES Spanien, FI Finnland, FR Frankreich, GB Vereinigtes Königreich, GR Griechenland, IE Irland, IT Italien, LU Luxemburg, MC Monaco, NL Niederlande, PT Portugal, SE Schweden und jeder weitere Staat, der Vertragsstaat des Europäischen Patentübereinkommens und des PCT ist.
- ☐ **OA OAPI-Patent:** BF Burkina Faso, BJ Benin, CF Zentralafrikanische Republik, CG Kongo, CI Côte d'Ivoire, CM Kamerun, GA Gabun, GN Guinea, GW Guinea-Bissau, ML Mali, MR Mauretanien, NE Niger, SN Senegal, TD Tschad, TG Togo und jeder weitere Staat, der Vertragsstaat der OAPI und des PCT ist.

Nationales Patent (falls eine andere Schutzrechtsart oder ein sonstiges Verfahren gewünscht wird, bitte auf der gepunkteten Linie angeben):

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> AE Vereinigte Arabische Emirate | <input type="checkbox"/> LR Liberia..... |
| <input type="checkbox"/> AL Albanien | <input type="checkbox"/> LS Lesotho..... |
| <input type="checkbox"/> AM Armenien | <input type="checkbox"/> LT Litauen |
| <input type="checkbox"/> AT Österreich | <input type="checkbox"/> LU Luxemburg..... |
| <input type="checkbox"/> AU Australien | <input type="checkbox"/> LV Lettland |
| <input type="checkbox"/> AZ Aserbaidschan | <input type="checkbox"/> MD Republik Moldau..... |
| <input type="checkbox"/> BA Bosnien-Herzegowina | <input type="checkbox"/> MG Madagaskar..... |
| <input type="checkbox"/> BB Barbados | <input type="checkbox"/> MK Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien |
| <input type="checkbox"/> BG Bulgarien..... | <input type="checkbox"/> MN Mongolei |
| <input type="checkbox"/> BR Brasilien..... | <input type="checkbox"/> MW Malawi..... |
| <input type="checkbox"/> BY Belarus..... | <input type="checkbox"/> MX Mexiko..... |
| <input type="checkbox"/> CA Kanada | <input type="checkbox"/> NO Norwegen..... |
| <input type="checkbox"/> CH und LI Schweiz und Liechtenstein | <input type="checkbox"/> NZ Neuseeland..... |
| <input type="checkbox"/> CN China..... | <input type="checkbox"/> PL Polen..... |
| <input type="checkbox"/> CU Kuba | <input type="checkbox"/> PT Portugal..... |
| <input type="checkbox"/> CZ Tschechische Republik..... | <input type="checkbox"/> RO Rumänien |
| <input type="checkbox"/> DE Deutschland..... | <input type="checkbox"/> RU Russische Föderation..... |
| <input type="checkbox"/> DK Dänemark..... | <input type="checkbox"/> SD Sudan |
| <input type="checkbox"/> EE Estland..... | <input type="checkbox"/> SE Schweden |
| <input type="checkbox"/> ES Spanien..... | <input type="checkbox"/> SG Singapur |
| <input type="checkbox"/> FI Finnland..... | <input type="checkbox"/> SI Slowenien..... |
| <input type="checkbox"/> GB Vereinigtes Königreich | <input type="checkbox"/> SK Slowakei..... |
| <input type="checkbox"/> GD Grenada..... | <input type="checkbox"/> SL Sierra Leone |
| <input type="checkbox"/> GE Georgien..... | <input type="checkbox"/> TJ Tadschikistan..... |
| <input type="checkbox"/> GH Ghana | <input type="checkbox"/> TM Turkmenistan..... |
| <input type="checkbox"/> GM Gambia | <input type="checkbox"/> TR Türkei..... |
| <input type="checkbox"/> HR Kroatien | <input type="checkbox"/> TT Trinidad und Tobago..... |
| <input type="checkbox"/> HU Ungarn..... | <input type="checkbox"/> UA Ukraine..... |
| <input type="checkbox"/> ID Indonesien | <input type="checkbox"/> UG Uganda..... |
| <input type="checkbox"/> IL Israel..... | <input checked="" type="checkbox"/> US Vereinigte Staaten von Amerika..... |
| <input type="checkbox"/> IN Indien | <input type="checkbox"/> UZ Usbekistan..... |
| <input checked="" type="checkbox"/> IS Island | <input type="checkbox"/> VN Vietnam..... |
| <input type="checkbox"/> JP Japan..... | <input type="checkbox"/> YU Jugoslawien..... |
| <input type="checkbox"/> KE Kenia..... | <input type="checkbox"/> ZA Südafrika..... |
| <input type="checkbox"/> KG Kirgisistan..... | <input type="checkbox"/> ZW Simbabwe..... |
| <input type="checkbox"/> KP Demokratische Volksrepublik Korea..... | |
| <input checked="" type="checkbox"/> KR Republik Korea..... | |
| <input type="checkbox"/> KZ Kasachstan..... | |
| <input type="checkbox"/> LC Saint Lucia | |
| <input type="checkbox"/> LK Sri Lanka | |

Kästchen für die Bestimmung von Staaten, die dem PCT nach der Veröffentlichung dieses Formblatts beigetreten sind:

Erklärung bzgl. vorsorglicher Bestimmungen: zusätzlich zu den oben genannten Bestimmungen nimmt der Anmelder nach Regel 4.9 Absatz b auch alle anderen nach dem PCT zulässigen Bestimmungen vor mit Ausnahme der im Zusatzfeld genannten Bestimmungen, die von dieser Erklärung ausgenommen sind. Der Anmelder erklärt, daß diese zusätzlichen Bestimmungen unter dem Vorbehalt einer Bestätigung stehen und jede zusätzliche Bestimmung, die vor Ablauf von 15 Monaten ab dem Prioritätsdatum nicht bestätigt wurde, nach Ablauf dieser Frist als vom Anmelder zurückgenommen gilt. (Die Bestätigung einer Bestimmung erfolgt durch die Einreichung einer Mitteilung, in der diese Bestimmung angegeben wird, und die Zahlung der Bestimmungs- und der Bestätigungsgebühr. Die Bestätigung muß beim Anmeldeamt innerhalb der Frist von 15 Monaten eingehen.)

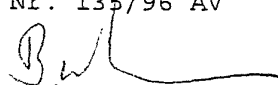
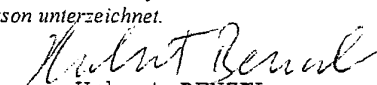
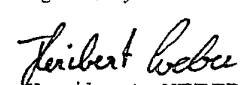
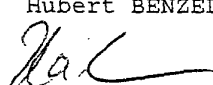
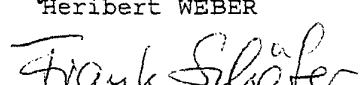
Feld Nr. VI PRIORITÄTSANSPRUCH		<input type="checkbox"/> Weitere Prioritätsansprüche sind im Zusatzfeld angegeben Ist die frühere Anmeldung eine:		
Anmeldedatum der früheren Anmeldung (Tag/Monat/Jahr)	Aktenzeichen der früheren Anmeldung	<input type="checkbox"/> nationale Anmeldung: Staat	<input type="checkbox"/> regionale Anmeldung: regionales Amt	<input type="checkbox"/> internationale Anmeldung: Anmeldeamt
Zeile (1) 05. Juli 2000 (05.07.00)	100 32 579.3	Bundesrepublik Deutschland		
Zeile (2)				
Zeile (3)				

☒ Das Anmeldeamt wird ersucht, eine beglaubigte Abschrift der oben in Zeile(n) _____ (1) bezeichneten früheren Anmeldung(en) zu erstellen und dem Internationalen Büro zu übermitteln.

Feld Nr. VII INTERNATIONALE RECHERCHENBEHÖRDE	
Wahl der Internationalen Recherchenbehörde (ISA) <i>(falls zwei oder mehr als zwei Internationale Recherchenbehörden für die Ausführung der internationalen Recherche zuständig sind, geben Sie die von Ihnen gewählte Behörde an: (der Zweibuchstaben-Code kann benutzt werden)</i> ISA/	Antrag auf Nutzung der Ergebnisse einer früheren Recherche: Bezugnahme auf diese frühere Recherche (falls eine frühere Recherche bei der internationalen Recherchenbehörde beantragt oder von ihr durchgeführt worden ist): Datum (Tag/Monat/Jahr): Aktenzeichen Staat (oder regionales Amt)

Feld Nr. VIII KONTROLLISTE; EINREICHUNGSSPRACHE	
Diese internationale Anmeldung enthält die folgende Anzahl von Blättern: Antrag : 4 Blätter Beschreibung (ohne Sequenzprotokollteil) : 25 Blätter Ansprüche : 4 Blätter Zusammenfassung: 1 Blätter Zeichnungen : 8 Blätter Sequenzprotokollteil der Beschreibung : - Blätter Blattzahl insgesamt : 42 Blätter	Dieser internationalen Anmeldung liegen die nachstehend angekreuzten Unterlagen bei: 1. <input checked="" type="checkbox"/> Blatt für die Gebührenberechnung 2. <input type="checkbox"/> Gesonderte unterzeichnete Vollmacht 3. <input type="checkbox"/> Kopien der allgemeinen Vollmacht; Aktenzeichen (falls vorhanden) 4. <input type="checkbox"/> Begründung für das Fehlen einer Unterschrift 5. <input type="checkbox"/> Prioritätsbeleg(e), in Feld VI durch folgende Zeilennummer gekennzeichnet: 6. <input type="checkbox"/> Übersetzung der internationalen Anmeldung in die folgende Sprache: 7. <input type="checkbox"/> Gesonderte Angaben zu hinterlegten Mikroorganismen oder biologischem Material 8. <input type="checkbox"/> Sequenzprotokolle für Nucleotide und/oder Aminosäuren (Diskette) 9. <input checked="" type="checkbox"/> Sonstige (einzeln aufführen): 1 Abschrift für Prioritätsbeleg

Abbildung der Zeichnungen , die mit der Zusammenfassung veröffentlicht werden soll (Nr.): 1	Sprache , in der die internationale Anmeldung eingereicht wird: Deutsch
--	--

Feld Nr. IX UNTERSCHRIFT DES ANMELDERS ODER DES ANWALTS	
Der Name jeder unterzeichnenden Person ist neben der Unterschrift zu wiederholen, und es ist anzugeben, sofern sich dies nicht eindeutig aus dem Antrag ergibt, in welcher Eigenschaft die Person unterzeichnet.	
ROBERT BOSCH GMBH Nr. 135/96 AV  Burbaum	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div>  Hubert BENZEL </div> <div>  Heribert WEBER </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div>  Hans ARTMANN </div> <div>  Frank SCHAEFER </div> </div>

Vom Anmeldeamt auszufüllen	
1. Datum des tatsächlichen Eingangs dieser internationalen Anmeldung	2. Zeichnungen <input type="checkbox"/> eingegangen: <input type="checkbox"/> nicht eingegangen:
3. Geändertes Eingangsdatum aufgrund nachträglich, jedoch fristgerecht eingegangener Unterlagen oder Zeichnungen zur Vervollständigung dieser internationalen Anmeldung:	
4. Datum des fristgerechten Eingangs der angeforderten Richtigstellung nach Artikel 11(2) PCT:	
5. Vom Anmelder benannte Internationale Recherchenbehörde: ISA/	6. Übermittlung des Recherchenexemplars bis zur Zahlung der Recherchegebühr aufgeschoben <input type="checkbox"/>

Vom Internationalen Büro auszufüllen	
Datum des Eingangs des Aktenexemplars beim Internationalen Büro:	

EL24450966245